



**T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Yüksek Lisans Tezi**

**SAPANCA GÖLÜ SUCUL MAKROFİTLERİ ve SU KALİTESİ ile  
OLAN İLİŞKİLERİ**

**Sezgi ERSOY**

**Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi Anabilim Dalı**

**İçsu Kaynakları ve Yönetimi Programı**

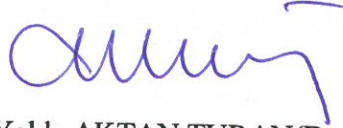
**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Yelda AKTAN TURAN**

**Haziran, 2019**


**İSTANBUL**

Bu çalışma, 28.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi Anabilim Dalı, İçsu Kaynakları ve Yönetimi Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Tez Jürisi**



Prof. Dr. Yelda AKTAN TURAN(Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Su Bilimleri Fakültesi



Prof. Dr. Seyfettin TAŞ  
İstanbul Üniversitesi  
Deniz Bilimleri ve İşletmeciliğı Enstitüsü



Prof. Dr. Nüket SİVRİ  
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa  
Mühendislik Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 20468 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım sürecinde gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Yelda AKTAN TURAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Çalışmamı finansal olarak destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne ve arazi çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Kaptan Harun UMUTLU ve Mustafa ÖZDEMİR'e, imkanlarından yararlandığım Sapanca İçsu Ürünleri Üretimi Araştırma ve Uygulama Birimi Müdürü Bahattin KAYA ve tüm diğer personele, SASKİ personeli Kaptan Sinan KABİL'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim-öğretim sürecim boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her koşulda yanımda olan, çalışmama saygı gösteren sevgili aileme ve büyük ailemin sevgili fertlerine, arkadaşlarıma, yüksek lisans öğrenim dönemim sürecinde arazi çalışmalarımda desteğini esirgemeyen hayat arkadaşım Su Ürünleri Mühendisi İzzet Cem YILDIZ'a, tecrübeleri ile yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Dr. Aysu GÜREŞEN'e, arazi ve laboratuvar çalışmalarımda desteğini her zaman gösteren değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Cumhur Haldun YARDIMCI'ya teşekkürü gönülden borç bilirim.

Haziran 2019

Sezgi ERSOY

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
TABLO LİSTESİ.....	vi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	ix
SUMMARY .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR.....</b>	<b>4</b>
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM.....</b>	<b>11</b>
3.1. ÇALIŞMA BÖLGESİ.....	11
3.2. FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELER.....	13
3.3. MAKROFİTLER .....	13
3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER.....	13
<b>4. BULGULAR.....</b>	<b>15</b>
4.1 FİZİKOKİMYASAL ANALİZLER .....	15
4.1.1 Sıcaklık.....	15
4.1.2 pH .....	15
4.1.3 Çözünmüş Oksijen.....	15
4.1.4 İletkenlik.....	15
4.2. MAKROFİTLER .....	19
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>29</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>36</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>47</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>50</b>

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 3. 1:</b> İstasyonların koordinatları. ....	12
<b>Tablo 4.1:</b> Sapanca Gölü makrofitleri komünite yapısının temel çevresel parametreler ve klorofil-a değerleri ile ilişkileri (r: Serman korelasyon katsayısı, **:p<0,01, *:p<0,05: önemsiz, Myr spi: <i>Myriophyllum spicatum</i> , Cer dem: <i>Ceratophyllum demersum</i> , Elo can: <i>Elodea canadensis</i> , Naj min: <i>Najas minor</i> , Cha sp: <i>Chara</i> sp., Pot luc: <i>Potamogeton lucens</i> , Pot per: <i>Potamogeton perfoliatus</i> .....	18
<b>Tablo 4.2:</b> Sapanca Gölü'nde bulunan makrofit türleri. ....	19
<b>Tablo 4.3:</b> Makrofitlerin istasyon ve mevsimlere göre varlık-yokluk durumu.....	20

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

Şekil 3.1: Sapanca Gölü konumu ve örnek alma istasyonları.....	11
Şekil 3.2: Sapanca Gölü istasyonları genel görüntüleri, (a) Saski, (b) Eşme, (c) Seka, (d) Kurtköy, (e) Gölpark.....	12
Şekil 4.1: Göl suyunda ölçülen fizikokimyasal parametreler ve klorofil-a'nın istasyonlara göre mevsimsel değişimleri.....	17
Şekil 4.2: Makrofitlerin tür sayısı ve tür çeşitliliğinin istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi (H').....	21
Şekil 4.3: Makrofit biyomasının mevsimsel değişimi.....	21
Şekil 4.4: Toplam makrofit biyomasının istasyonlara göre mevsimsel değişiminin göl haritası üzerinde gösterimi.....	22
Şekil 4.5: Toplam makrofit biyomasının istasyonlara göre mevsimsel değişimi.....	23
Şekil 4.6: Makrofit türlerinin mevsimlere göre biyomasları.....	23
Şekil 4.7: Makrofit türlerinin istasyonlara göre mevsimsel dağılım yüzdesi.....	24
Şekil 4.8: Makrofit biyomas ( $g/m^2$ ) verilerine dayalı olarak yapılan parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme analizi kümeleri.....	27
Şekil 4.9: Makrofit biyomas verilerine dayalı olarak Bray Curtis benzerlik dendogramı (K: Kış, İ: İlkbahar 2017, Y: Yaz 2017, S: Sonbahar 2017).....	27
Şekil 4.10: Sapanca Gölü'nde kaydedilen toplam makrofit biyomasının nispi oranlarının mevsimsel değişimi.....	28
Şekil 5.1: Sapanca Gölü'nde kaydedilen su altı makrofit türlerinin tekrarlanma oranı (A) ve nispi yoğunlukları (B), Myr spi: <i>Myriophyllum spicatum</i> , Cer dem: <i>Ceratophyllum demersum</i> , Elo can: <i>Elodea canadensis</i> , Naj min: <i>Najas minor</i> , Cha sp: <i>Chara</i> sp., Pot luc: <i>Potamogeton lucens</i> , Pot per: <i>Potamogeton perfoliatus</i> .....	31

## SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>g</b>	: Gram
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>mg</b>	: Miligram
<b>L</b>	: Litre
<b>µs</b>	: Mikrosiemens
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Myr spi</b>	: <i>Myriophyllum spicatum</i>
<b>Cer dem</b>	: <i>Ceratophyllum demersum</i>
<b>Elo can</b>	: <i>Elodea canadensis</i>
<b>Naj min</b>	: <i>Najas minor</i>
<b>Cha sp</b>	: <i>Chara sp.</i>
<b>Pot luc</b>	: <i>Potamogeton lucens</i>
<b>Pot per</b>	: <i>Potamogeton perfoliatus</i>
<b>N/P</b>	: Azot fosfor oranı



## **ÖZET**

### **SAPANCA GÖLÜ SUCUL MAKROFİTLERİ VE SU KALİTESİ İLE OLAN İLİŞKİLERİ**

#### **YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sezgi ERSOY**

**İstanbul Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi Anabilim Dalı**

**Danışman : Prof. Dr. Yelda AKTAN TURAN**

Göllerin littoral bölge biyotalarının en önemli bileşenlerinden biri olan sucul makrofitler su kalitesini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemeleri ile sağlıklı bir sucul ekosistemde büyük ve önemli bir role sahiptirler. Uzun ömürlü olan sucul makrofitler ortamda sabit olarak ve bol miktarda bulunmaları, teşhislerinin kolaylığı sebebiyle ideal bir biyolojik izleme aracıdır.

Sapanca Gölü, Adapazarı ve Kocaeli illeri için içme suyu kaynağı olarak kullanılmasının yanı sıra tarımda sulama suyu kaynağı, sportif ve ticari balıkçılık, rekreasyon ve sulama alanı gibi sosyo-ekonomik amaçlı da kullanılmaktadır. Şubat 2017- Kasım 2017 tarihleri arasında Sapanca Gölü kıyısal alanlarında gerçekleştirilen bu çalışmada su altı makrofitlerinin belirlenmesi ve su kalitesi parametreleri ile olan ilişkinin ortaya koyması amaçlanmıştır. Su altı makrofitlerin tür kompozisyonu, yoğunluğu, dağılımı, tür çeşitliliği ve zenginliğinin mevsimsel değişimleri belirlenmiş ve temel çevresel parametreler ile olan ilişkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, gölü temsil edecek farklı çevresel etki altında kalan beş kıyı ve göl ortasında bir referans istasyonu belirlenmiştir.

Gölde su altı makrofitlerinden *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Najas minor*, *Chara* sp., *Potamogeton perfoliatus* ve *Potamogeton lucens* türleri olmak üzere yedi tür bulunmuştur. Yabancı ve istilacı bir tür olan *E. canadensis* türünün varlığı ilk kez Sapanca Gölü'nde bu çalışma ile bildirilmiştir. Çalışma süresince tespit edilen türlerin varlığı mevsimlere ve belirlenen istasyonlara göre farklılık göstermiştir. Kış mevsiminde herhangi bir su altı makrofit türüne rastlanmamıştır. Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmada makrofit gelişiminin mevsimsel değişiminde etkili birincil parametre su sıcaklığı olarak belirlenmiş ve makrofit yoğunluğu ile kuvvetli bir pozitif ilişki göstermiştir. Su sıcaklığının artışına paralel olarak Sapanca Gölü makrofitlerinin mevsimsel biyoması da ilkbahar mevsiminde artmış (3568 g/m<sup>2</sup>), yaz mevsiminde (5335 g/m<sup>2</sup>) en yüksek değere ulaşmıştır. Makrofit yoğunluğu sonbahar mevsimi 2733 g/m<sup>2</sup> olarak kaydedilmiştir. Üç mevsimde de gölde baskınlık gösteren tür *P. lucens* olarak belirlenmiş ve toplam biyomasın %66'sını oluşturmuştur. Genel olarak gölde tür çeşitliliği düşük değerlerde (<1) kaydedilmiş, bu değerlerde çoğunlukla *Potamogeton* (%66) ve zaman zaman *Chara* (%15) türlerinin baskınlığı sebep olmuştur.

Haziran 2019, 50 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** sucul makrofit, su altı makrofitleri, Sapanca Gölü, su kalitesi, biyoçeşitlilik

## **SUMMARY**

### **AQUATIC MACROPHYTES OF SAPANCA LAKE AND THEIR RELATIONSHIPS WITH WATER QUALITY**

#### **M.Sc. THESIS**

**Sezgi ERSOY**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Sciences**

**Department of Marine and Freshwater Resources Management**

**Supervisor : Prof. Dr. Yelda AKTAN TURAN**

Aquatic macrophytes, one of the most important components of the lake littoral zones, have an important role in a healthy aquatic ecosystem affecting water quality directly and indirectly. Aquatic macrophytes are the ideal biological monitoring tools thanks to their long life span and abundances. Sapanca Lake, which is used as drinking water source for Adapazari and Kocaeli provinces, is also used for socio-economic purposes such as irrigation water source in agriculture, sports and commercial fishing, recreation and irrigation area.

The aim of this study, carried out in the coastal areas of Sapanca Lake between February 2017 and November 2017, was to identify underwater macrophytes and to reveal the relationship with water quality parameters. During the study period, seasonal variations of species composition, density, distribution, species diversity and richness of submerged macrophytes were determined and their relationships with the main environmental parameters were investigated.

In this study, seven species of the submerged macrophytes; *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Najas minor*, *Chara* sp., *Potamogeton perfoliatus* and *Potamogeton lucens* were found in the Lake. The presence of *E. canadensis* in Sapanca Lake as an alien and invasive species was reported firstly. The presences of the identified species were different according to the seasons and stations through the study. There are no records of aquatic submerged macrophytes in the winter season. Water temperature is determined as a primary and effective factor in the seasonal differences of the macrophytes development in this study and also water temperature showed a strong positive relation with the macrophytes abundance. Seasonal biomass of the macrophytes in Sapanca Lake were increased in the spring season (3568 g/m<sup>2</sup>) as parallel to the water temperature incensement and reached its maximum (5335 g/m<sup>2</sup>) in the summer season. Macrophyte abundance was recorded as 2733 g/m<sup>2</sup> in the autumn period. *P. lucens* was determined as the dominant species in three seasons and constituted 66 % of the total biomass. In general, species diversity was recorded as low values (<1); these values are due to the dominancy of the *Potamogeton* (66 %) mostly and *Chara* (15 %) sometimes.

June 2019, 50 pages.

**Keywords:** aquatic macrophytes, submerged macrophytes, Sapanca Lake, water quality, biodiversity

## 1. GİRİŞ

Sucul makrofitler; göllerin littoral bölge biyotalarının en önemli bileşenlerinden biridir. Sucul ekosistemlerde diğer canlılara besin, sığınak ve habitat oluşturmaları ile biyoçeşitliliğe katkıda bulunurlar. Makrofitler sudaki fazla besini kendi bünyesinde tutabilirler. Aynı zamanda özellikle yarı batık halde yaşayan türlerinin kök yapısının karmaşık ve kuvvetli olmasından dolayı sediment stabilizasyonunu arttırarak, su ve sediment arasındaki besin geçişini en aza indirgerler. Su türbülansı ve akıntı hızını yavaşlatan makrofitler sudaki partikül dağılımını azaltarak bulanıklığın artışına engel olurlar. Sudaki besin dönüşümü üzerindeki etkisiyle gölün ötrofikleşmesine neden olan fitoplankton artışı da makrofitler tarafından engellenir (Scheffer, 2001). Makrofitler allelopatik kimyasal salgılamaları ile fitoplanktonla antogonistik ilişki içerisindedirler. Sucul ekosistem dışında makrofitlerin sulak alan çevresine de pozitif etkileri vardır. Gelişmiş kök yapıları ile birlikte kıyılarda erozyon oluşumunu ve sedimentteki aşınma ve taşınmayı engellerler. Ayrıca rüzgarın etkisini engelleyerek göl suyunda hareketi azaltması dolayısıyla sediment taşınmasını en aza indirirler. Göl çevresinde bulunan yarı batık makrofitler su miktarında artış meydana geldiğinde su taşkınlarının olmasını önlerler (Golob ve ark., 2015). Özellikle sucul kuşlar gibi yarı sucul canlılar için korunma, beslenme ve üreme alanı oluştururlar.

Su ekosisteminde önemli bir yere sahip olan sucul makrofitler yukarıda sayılan sebeplerden dolayı su kalitesinde iyi bir ekolojik göstergedir. Ülkemizde yapılan su kalitesi çalışmalarında genellikle fiziko-kimyasal parametreler kullanılmaktadır. Ancak makrofitler uzun ömürlü, sabit yaşamaları, bol miktarda bulunmaları, teşhislerinin kolaylığı sebebiyle ideal bir biyolojik izleme aracıdır (Melzer, 1999; Bonada ve ark., 2000).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda su kalitesini belirlemek ve izlemek amacı ile biyolojik kalite elementleri (bentik omurgasızlar, makrofitler, fitobentoz, fitoplankton, balıklar) olarak adlandırılan tamamı sucul canlılar kullanılmaktadır (Schaumburg ve ark., 2004; Kalyoncu ve ark., 2009; Şanal ve ark., 2015; Demir ve ark., 2017). Aynı zamanda kullanılan biyolojik kalite elementi ile fiziko-kimyasal parametrelerin bir arada değerlendirilmesi ile suyun niteliği belirlenmektedir. Bu çalışmalar ekolojik yapının ve indekslerin uyumunun ortaya konması açısından oldukça önemlidir. 1900'lü yıllardan beri Avrupa'da kullanılan bu yöntem

günümüze kadar çalışılmış ve çeşitli indeksler geliştirilmiştir. Avrupa Birliği içerisinde yer alan ülkelerin tümünde kullanılabilecek sistemler oluşturulmaya, indeksler arasında uyumu ve kalibrasyonu sağlamaya yönelik çalışmalar da yapılmaktadır. Ülkemizde ise bu çalışmalar 1990'lı yıllarda başlamış olup üzerinde yeterince çalışılmamış bir konudur (Kalyoncu ve ark., 2009). Avrupa Su Çerçeve Direktifi'nin yayınlanması ile ülkemizde de dikkat çeken bir konu haline gelmiştir.

Başlıca içme suyu kaynağı olarak kullanılan Sapanca Gölü aynı zamanda sosyo-ekonomik olarak da değerlendirilmektedir. Günümüzde Adapazarı ve İzmit illeri için su kaynağı olmasına rağmen gelecek zamanlarda İstanbul içinde içme suyu kaynağı olarak görülmektedir ve göl suyu 2030' a kadar çevre illere su kaynağı olabilecek potansiyeldedir (Tanık ve ark., 1998). Son yıllarda göl çevresinde tarım alanı, konut ve endüstriyel yapılaşmaların arttığı gözlenmektedir. Ayrıca göl çevresi rekreatif kullanım için daha kullanışlı hale getirilmek için düzenlenmektedir. Bu durum göl ve çevresinde tahribata neden olmaktadır. Özellikle bu amaçla yapılan çalışmalarda göl kıyısını çevreleyen yarı batık makrofitler yok edilmektedir. Bu gelişmeler ormanlık alanların yok olmasına ve erozyonun artmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır.

Sucul makrofitler, fiziko-kimyasal parametrelerdeki değişimlere karşı çok hassas ve bu parametrelere cevap verme eğilimindedirler. Bu sebep ile fiziko-kimyasal parametreler makrofit kompozisyon, dağılım, yoğunluğu ve örtü alanını etkilemektedir (Melzer, 1999). Makrofitler su kolonunda özellikle çözülmüş oksijen ve pH üzerinde etkili olarak besin döngüsünde önemli bir role sahiptir. Özellikle azot gibi besin maddelerinin konsantrasyon değişimlerine aşırı duyarlıdır (Kadono, 1982; Thomaz ve ark., 2008). Göllerde ötrofikasyon sürecini hızlandıracak olan bu durum makrofitlerin varlığı ile engellenebilir (Bornette ve Puijalón, 2009). Bu nedenle mevcut durumlarının tespiti ve değişimlerinin izlenmesi önemlidir.

Yapılan çalışmada sosyo-ekonomik değeri göz önüne alınarak çalışma alanı olarak Sapanca Gölü ve göl ekosistemindeki öneminden ve daha önce gölde detaylı çalışma yapılmamış olmasından dolayı sucul makrofitler araştırma konusu olarak seçilmiştir. Şubat 2017- Kasım 2017 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmaları mevsimsel periyotta gerçekleştirilmiştir. İstasyonlar farklı çevre koşulları altında kalmış ve gölü tamamen temsil edebilecek nitelikte bölgeler olarak belirlenmiştir. Sucul makrofitler ve su kalitesi parametrelerinin arasındaki

ilişkiyi ortaya koymak amacıyla sucul makrofitlerin dağılımı, yoğunluğu, tür kompozisyonu, kaydedilen türlere dayandırılarak her istasyon için tür çeşitliliği ve zenginliği hesaplanmış, sonuçların mevsimsel değişimleri belirlenerek besin tuzu (nitrit, nitrat, orto-fosfat) ve fitoplankton biyoması hakkında fikir vermesi açısından klorofil-a analizleri sonucu elde edilen verilerle değerlendirilmiştir.



## 2. GENEL KISIMLAR

Dünyamız kara ve su tabakaları ile örtülüdür. Su tabakaları denizler ve tatlı sular olarak ikiye ayrılır. Su, canlıların yaşadığı zengin yaşam alanı olarak nitelendirilebilecek bir biyotoptur. Her su kütlesi farklı karaktere sahiptir. Sahip oldukları farklı fiziksel ve kimyasal özellikleri vardır. Sular tatlı su, acı su ve tuzlu su olarak üç sınıfa ayrılır.

Yeryüzünde bulunan su kütleleri, damla halinden topluluk haline gelene kadar çeşitli coğrafik durumlar meydana getirir. Bunların büyük bir kısmı karalar içinde kalmakta ve bir kısmı da büyük deniz ve okyanusları oluşturmaktadır (Güner, 2008). Denizlere oranla daha az yer kaplayan iç sular; göl, gölcük, dere ve nehirleri kapsarlar. Akan ve bir yere dökülen sular akarsular, bir çukur içerisinde bulunan sular ise durgun sular olarak adlandırılır. Su birikintileri, gölcük ve göller lentik biyotoplar olarak da adlandırılan durgun sular dahilinde olan su kütleleridir. Durgun sular sucul makrofitler olarak adlandırılan su bitkileri için uygun bir yaşama ortamıdır.

Durgun sular göl, gölcük ve bataklık olarak üç sınıfa ayrılabilir. Ayrıca bu üç oluşum birbirlerinin değişim geçirdikten sonraki safhalarıdır. Bu değişim genellikle bazı faktörlerin tesiri ile göllerin dolması ile gerçekleşir.

Göller, durgun suların ilk oluşum şeklidir. Kapalı bir havzada, farklı hacimlerde büyüklük gösterebilirler. Göller orta kısmında su bitkilerinin bulunmadığı ve bitkilerin var olduğu littoral bölgenin belirli bir noktaya kadar devam ettiği durgun sularlardır. Göller genellikle (Lut ve Hazar gölleri hariç) deniz seviyesinden yüksekte bulunur (Güner, 2008). Derinlikleri mevsimlere ve yıllara göre değişiklik gösterir. Bu duruma bağlı olarak göllerin littoral bölgesi genişler veya daralır. Bu bölgenin genişleyip daralması gölün verimliliğini olumlu veya olumsuz etkiler. Göllerin verimliliğini derinlik ve littoral bölge mesafesi dışında etkileyen fiziksel ve kimyasal faktörler de vardır. Işık, sıcaklık, su hareketleri, bulanıklık, besin tuzu, pH, çözülmüş oksijen miktarı göllerin verimliliğini etkileyen özelliklerdendir. Verimliliklerine göre göller oligotrofik, ötrofik ve distrofik olmak üzere başlıca üç tipe ayrılarak incelenir (Wetzel, 1983). Besin mineral maddeleri ve primer üretimi düşük olan temiz ve sağlıklı göller oligotrofik, fazla olan göller ötrofik olarak adlandırılır. Temiz göllerin kirli göllere dönüşmesi süreci ötrofikasyon adını alır. Bu süreç içerisinde göller aşamalı olarak



değişim gösterir. Dere ve ırmakların doğal akış alanının değiştirilmesi, işlem görmeden göllere deşarj edilen evsel ve endüstriyel atık sular, tarımsal kirleticilerin yüzey suları ile göle girmesi, hava kirliliği sebebi ile asit yağmurları ötrofikasyonun sebeplerindendir (Graham ve ark., 2008). Ötrofik göllerde besin mineral maddeleri ve primer üretim fazla iken tür çeşitliliği az ve birey sayısı fazladır. Düşük kaliteli olan bu göllerde fitoplankton aşırı artışı görülür. Fitoplankton ile antogonistik ilişkisi bulunan sucul bitkiler göllerin trofik durumu ile doğrudan ve dolaylı olarak ilişkilidir.

Su altında veya su yüzeyinde yüzücü olarak ya da su kenarında suya doymuş topraklarda normal olarak gelişebilen ve çoğu çıplak gözle görülebilen bitkiler su bitkileri olarak adlandırılır. Tüm yaşam döngülerini su içinde ya da suya doymuş topraklarda tamamlayabilirler. Hidrofitik bitkiler, hidrofitler ve makrofitler olarak adlandırılabilirler (Wetzel, 1983).

Sucul makrofitler; göllerin littoral bölge biyotalarının en önemli bileşenlerinden biridirler (Raspopov ve ark., 2002) ve göl ekosistemi, metabolizması, su kalitesi ile ilişkilidirler. Su ve sedimentteki besin döngüsünü etkileyerek ekosistem metabolizması ve yapısında önemli rol oynarlar (Wetzel, 1983; Carrignan ve Kalff, 1980). Allelopati, substrat ve sediment aracılığıyla doğrudan gölgeleme ve besin bileşenleri ile dolaylı olarak su kalitesinde belirleyici rolleri vardır (Wetzel, 1983).

Makrofitler birincil üreticilerdir (Schneider ve ark., 2012, Manolaki ve Papastergiadou, 2013). Suda bulunan inorganik besini organik besine dönüştürerek besin zincirinin temelini oluştururlar (Golob ve ark., 2015). İnorganik besini fotosentez yoluyla bitkisel proteine dönüştürmeleri ve oksijen üretmeleri sucul ekosistemin sağlığı ve devamlılığı için kritik önem taşırlar (Mulderij ve ark., 2007). Bu özelliklerine bağlı olarak sucul canlılarla sucul ekosistemin yapılanmasında önemli rol oynarlar ve makroomurgasız, balıklar gibi yüksek trofik seviyelerle ilgili olup heterojen bir yapı oluşturmada etkin role sahiptirler (Diehl, 1992; Zimmer ve ark., 2000; Rennie ve Jackson, 2005; Schneider ve ark., 2012). Heterojen bir yapı oluşturmada etkin olan makrofitlerin kormus yapılarındaki farklılıklarının da önemi vardır. Timms ve Moss'un (1984) yapmış olduğu çalışmaya göre rotiferler ve küçük vücutlu kladoserlerin vejetasyonsuz alanları, bitkilerle ilişkili büyük vücutlu kladoserlerin ve zooplanktivor balıkların habitat olarak tercih ettikleri görülmüştür. Büyük vücutlu

kladoserlerin gün içinde balık predasyonundan korunmak için sığınma alanı, geceleri ise fitoplanktonla beslenme amacıyla bu tercihi yaptıkları sonucuna ulaşılmıştır.

Sucul makrofitler, su türbülansı ve akış hızını azaltarak çökel oluşumunu arttırlar. Barko and James (1998) tarafından Minnesota Nehri'nin bir barajında yapılan çalışmada *Potamogeton pectinatus*'un, su hareketleri sebebiyle artan seston konsantrasyonunu azalttığı görülmüştür. Böylelikle sedimentte partikül birikimini sağlarlar ve kopmuş bitki parçaları ile birlikte besin kaynağı oluştururlar. Makroomurgasızlar, balıklar, memeliler, kuşlar, reptiller ve amfibiler gibi tam ve yarı sucul canlılar tarafından kullanılırlar (Madsen, 1993). Ayrıca bu şekilde habitat oluşumu ve sediment birikimi (Wetzel, 1983) ile sucul ekosisteme katkı sağlarlar. Bu iki etki dışında kormus yapıları da habitat oluşumu için elverişlidir (Rolon ve Maltchik, 2006). Işık, besin, oksijen, pH'ı etkileyerek mikrogeçişler oluşturarak makroomurgasızlar için yaşam alanı, balıklar için yumurtlama alanı ve yavru balıklar için predatörlerden korunmaları ve fitoplankton grazerleri için sığınak, epifitik algler ve perifiton için substrat oluştururlar (Declerck ve ark., 2011).

Fitoplankton grazerlerine sığınak sağlaması, besin döngüsündeki yeri, kormus yapısı ve sediment birikimi oranını arttırdığı göz önüne alındığında makrofitlerin su kalitesi üzerindeki etkisinin büyük olduğu anlaşılır bir durumdur (Jones ve ark., 1983; Takamura ve ark., 2003; Ali ve ark., 2007; Mulderij ve ark., 2007; Hilt ve ark., 2010). Kufel ve Ozimek 'in (1994) yaptığı bir çalışmada makrofit türü olan *Chara sp.*'nin fosforu fazla miktarda kullanarak oluşturduğu besin rekabeti sonucunda fitoplankton biyomasında azalmaya sebep olduğu ve bu nedenle göldeki bulanıklığın azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ozimek ve arkadaşlarının (1990) göl restorasyonu üzerine yaptığı bir çalışmada da göl *Elodea sp.*'nin hızlı kolonizasyonu nedeniyle göl suyunda azot sınırlaması oluşturarak fitoplankton yoğunluğunu düşürdüğü ve buna bağlı olarak göl suyunun bulanıklığının azaldığı görülmüştür.

Suda bulunan besin maddelerini sediment ve su arasındaki transferini sağlayarak fazla besini bünyelerinde tutarlar. Van den Berg ve arkadaşları (1999) tarafından yapılan çalışmada resüspansiyon sınırlaması ve sedimentasyon oranındaki artışla *Chara sp.* çayırlerinin görünürlük üzerindeki güçlü etkisi olduğu bildirilmiştir. Bu görevleri ile birlikte kimyasal savunmaları olan allelopatik bileşenler salgılayarak fitoplankton aşırı artışını engellerler (Hilt ve ark., 2008; Declerck ve ark., 2011). Su akış hızını azaltarak partikül birikimini arttıran makrofitler kök sistemi aşırı gelişmiş olduğu için sedimente bağlı yaşayan türleri aracılığı ile

sediment stabilizasyonunu arttırmaları. Bu durum sediment resüspansiyonunu en aza indirerek sudaki görünürlüğü artırır ve suda bulunan besin miktarını dengede tutar (Madsen, 1993; Scheffer, 2001; Hilt ve ark., 2010; Mulderij ve ark., 2007; Schneider ve ark., 2012). Makrofitlerin göl suyu üzerindeki temizleme etkisi onların gelişimine de pozitif geri bildirim yapar. Bu pozitif geribildirim göllerdeki stabil statüyü sağlar. Bu teoriye göre bir göl makrofitlerin varlığında berrak bir suya sahip olabilirken belirli besin konsantrasyonu aralığında bulanık ve fitoplankton baskınlığı da olabilir. Bu önerge göl yönetimi için çok önemlidir (Scheffer, 2001; Mulderij ve ark., 2007; Hilt ve ark., 2008; 2010). Aşırı gelişmiş kök sistemleri sayesinde erozyon oluşumunu ve sedimentteki aşınma ve taşınmayı engellerler. Göl çevresinde bulunan yarı batık makrofitler su miktarında artış meydana geldiğinde su taşkınlarının olmasını önlerler (Beklioğlu ve ark., 2006, Golob ve ark., 2015).

Sucul vejetasyonun göl ekosistemi üzerindeki etkileri dikkate alındığında makrofitlerin trofik seviye ve biyoçeşitlilik üzerindeki etkisi önemlidir (Schneider, 2007). Bu olumlu etkiler, uzun yıllar yaşayabilmeleri (Golob ve ark., 2015), stabil olmaları, çevresel etkenlerden özellikle suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinden etkilenmeleri ve cevap vermeleri (Mulderij ve ark., 2007; Golob ve ark., 2015), istilacı türlere karşı hassasiyetleri (Bolpagni, 2013) sebepleri ile makrofitler biyoindikatör canlılar grubuna girerler (Schneider, 2007; Golob ve ark., 2015; Manolaki ve Papastergiadou, 2013). Son yüzyılın sonlarında birçok gelişmiş ülkede göllerde makrofitlerin azaldığı ve bununla birlikte su altı vejetasyonu ve tatlı su faunasında önemli sonuçlara yol açtığı görülmüştür. Makrofitlerin ve tatlı su habitatlarının azalmasına karşın sulak alan korunmasına karşı birkaç eylem düzenlenmiştir (Bolpagni, 2013). Sonuç olarak 2000 yılında yürürlüğe giren su kaynaklarını, çevresini korumayı hedefleyen ve biyolojik kalite elementi olarak sucul canlıları (bentik omurgasızlar, makrofitler, fitobentoz, fitoplankton, balıklar) baz alan en önemli mevzuat olan Su Çerçeve Direktifi ile sucul makrofitler su kolonlarının ekolojik kalitesini belirleyen anahtar element olarak kabul edilmiştir (Manolaki ve Papastergiadou, 2013; Demir ve ark., 2017).

Sucul makrofitlerin önemi göz önüne alınarak uluslararası düzeyde daha çok ekosistem üzerindeki etkisi (Carpenter ve Lodge, 1986; Graneli ve Solander, 1988; Raspopov ve ark., 2002; Rolon ve Maltchik, 2006), diğer sucul canlılar ve bakteriler ile olan ilişkileri (Huggins ve ark., 2004; Wu ve ark., 2007; Thomaz ve Cunha, 2010), çevre ile ilişkileri ve dağılımları (Boyd, 1971; Canfield ve ark., 1983; Johnstone, 1986; Grillas, 1990; Mazej ve

Germ, 2008;; Chappuis, 2012), örneklemeleri (Capers, 2000; Croft ve Fraser, 2009; Azzella ve Blasi, 2013) göl yönetiminde kullanımları (Melzer, 1999; Hu ve ark., 2014) ve biyolojik kalite elementi olmaları (Canfield ve ark., 1985; Schamburg ve ark., 2004; Sondergaard, 2005; Bonaca ve ark.,2008; Sondergaard ve ark., 2010; Sutela ve ark., 2013; Hellsten ve ark., 2014) üzerinde durularak çalışmalar yapılmıştır. Sucul makrofitler ile ilgili ülkemizde yapılmış olan çalışmalar daha çok sistematik düzeydedir (Öztürk ve ark.,1996; Özen ve Korkmaz, 2005; Kırkağaç ve ark., 2011; Beishenbekova, 2013; Altınsaçlı ve ark., 2013; Özçelik ve ark., 2014). Ayrıca sucul makrofitlerin ekolojik kalite elementi olarak kullanılması (Susamlı, 1998; Demir ve ark., 2012; Zeybek ve Kalyoncu, 2012; Şanal ve ark., 2015), biyoakümülatör, biyoindikatör özellikleri ve fitoremediasyonda kullanılmaları üzerine (Taylan ve Özkoç; 2007; Yücel ve ark., 2010; Doğan, 2011; Topal ve ark., 2011; Karahasan ve Bayrak, 2015; Ustaoglu ve ark., 2015) yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Sapanca Gölü Marmara Bölgesi' nin kuzeydoğusunda, Kocaeli - Sakarya il sınırları içinde yer almaktadır. Tektonik oluşumlu bir göl olup, yüzey alanı 47 km<sup>2</sup>, maksimum derinliği 52 m, toplam göl çevresi uzunluğu 39 km'dir (Özcek, 2006; Çakır, 2010; Uzun, 2016). Gölün havza alanı 250 km<sup>2</sup>' dir. Deniz seviyesinden yüksekliği 30 m olup bölgenin en büyük ikinci gölüdür (Koşal ve Yıldırım, 2007). Sapanca Gölü sıcak monomiktik yapıdadır ve termal tabakalaşma Nisan ayı sonu başlayıp Kasım ayı ortasında bitmektedir (Dorak ve Albay, 2015). Göl, akarsular ve yer altı suları ile beslenmektedir. Besleyen dereler; İstanbul, Kurtköy, Keçi, Mahmudiye, Yanık, Karacabey, Balıkhane, Çifteçinar, Tuzla, Karlıtarla, Eşme, Kuru, Maden, Çatalölü, Altıkuruş, Harmanlar, Aygır, Cehennem ve Arifiye'dir. Bunların çoğu kısa ve düşük akımlı olup, kurak mevsimde kurumaktadır (Macit, 2010; İkinci, 2016). Göle güneyden karışan dereler dik yataklı ve ani taşkınlara neden olup, göle çok miktarda irili ufaklı kaya ve çakıllardan oluşan sediment taşımaktadır. Göl, Çark suyu çıkışı ile Sakarya Nehri'ne boşalmaktadır (Duman, 2005; Macit, 2010; İkinci, 2016).

Göl suyu başlıca Adapazarı ve İzmit illeri için içme suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında tarımda sulama suyu kaynağı, sportif ve ticari balıkçılık, rekreasyon ve sulama alanı gibi sosyo-ekonomik amaçlıda kullanılmaktadır. Ancak gölün önemine rağmen çevresinde artan tarım alanı, konut ve endüstri yapılaşmaları bulunmakta, ormanlık alanların tahribatı ve erozyona sebebiyet vermesi gölün oligo-mesotrofik yapısını tehdit ederek ötrofikleşmesine neden olmaktadır (Tanık ve ark., 1998).

Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmalar daha çok su kalitesi, ağır metal, balık, fitoplankton, siyanobakteri türleri, perifiton konuları üzerinde yoğunlaşmıştır. Morkoç ve ark. (1998) tarafından 1989-1992 yılları arasında gölün su kalitesi, birincil üretim konsantrasyonları ölçülmüş ve oligotrofik karakterde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tanık ve ark. (1998) tarafından Sapanca Gölü havzasında yaygın kirlilik noktaları araştırılmış ve azot, fosfor, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve pestisit açısından değerlendirilmiştir. Kirlilik sebeplerinin evsel ve endüstriyel, katı atıklar, orman ve çayır, kentsel yüzeysel akış ve sızıntı suları ile besin yüklemesi, tarımsal kullanımdan dolayı giriş yapan gübre ve pestisitler olarak belirlenmiştir. Gölün su kalitesinin bozulmasının engellenmesi ve sürdürülebilirliği için kirlilik kaynaklarının kontrol altına alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Özacar ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada toplam fosfor ve klorofil *a* miktarlarının belirlenerek aralarında yapılan regrasyon analizi sonucunda gölün klorofil *a* değerlerine göre mezotrofik karakter gösterirken toplam fosfor değerlerine göre ise gölün ötrofikleşmeye doğru gitmekte olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Albay ve Akçaalan (2008) tarafından Sapanca Gölü'nde yapılan perifiton kolonizasyonuna su kalitesinin etkisinin araştırıldığı çalışmada gölün oligo-mezotrofik karakterde olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Arman ve ark. (2009) besin yüklemesi ile gölün trofik durumunu belirlenmesi hakkında yaptıkları çalışmada gölün oligotrofik karakterden mezotrofik karaktere geçişte olduğunu belirtmişlerdir. Macit (2010) tarafından yapılmış olan tez çalışmasında seçilmiş olan istasyonlarda dönemsel olarak çevre kirliliğine bağlı olarak bakteri seviyesinde artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kirlilik indikatörü olan fosfor ve fosfat miktarında geçmiş yıllara oranla artış gözlenmiş ve su kalitesinin T.C. Başbakanlık ve Çevre Müsteşarlığınca hazırlanan Su Kirlilik Kontrol Yönetmeliği içinde yer alan "Göller, Göletler, Bataklıklar ve Baraj Haznelerinin Ötrofikasyon Kontrolü Sınır Değerleri" ne göre II.sınıf olarak belirlenmiştir. Akkoyunlu ve Akiner (2012) tarafından yapılan çalışmaya göre ise göl ve göle giriş yapan akarsuların ötrofikasyon tehdidi altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İkinci (2016) tarafından yapılan çalışmada ise pH, nitrit ve nitrat parametrelerinin sonuçlarına göre belirlenen istasyonlarda ve gölü besleyen derelerde su kalitesinin I.sınıfın altına indiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca gölün kullanılabilirliğini etkileyecek olan siyanobakteriler (Albay ve ark., 2003; Akçaalan ve ark., 2014, Albay ve ark., 2001) ve fitoplankton (Aykulu ve ark., 2006; Akçaalan ve ark., 2007; 2008; Yılmaz ve Aykulu, 2010) hakkında yapılmış çalışmalar mevcuttur. Algolojik çalışmalar dışında; gölde bulunan balıkların biyolojileri ile ilgili (Tarkan ve ark., 2009; Okgerman,2005; Okgerman ve

ark., 2009; 2011; 2012) ve gölün biyoçeşitliliği üzerine katkıda bulunulmuş yeni tür kayıtlarının yapıldığı çalışmalar (Özuluğ ve ark., 2007; Tarkan ve ark., 2009; Akçaalan ve ark., 2011; Dorak ve Albay, 2015) vardır. Gölün içme suyu kaynağı olarak kullanılması nedeniyle önem taşıyan diğer bir çalışma konusu ise ağır metallerdir. Yalçın ve Sevinç (2001) tarafından yapılan çalışmada göl ağır metal içeriğinin önceki yıllara göre artış gösterdiği bu nedenle göl suyunun izlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Göl sedimanı ağır metal içeriğinin mevsimsel değişimi üzerine Duman ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise asıl kirleticilerin pestisit ve gübreler olduğu ve istasyonlara göre sediman içeriğinin değiştiği bu nedenle da kaynakların farklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışmalar içerisinde göl ekosisteminin önemli bileşenlerinden biri olan makrofitler ile ilgili yapılmış detaylı bir çalışma olmadığı tespit edilmiştir.

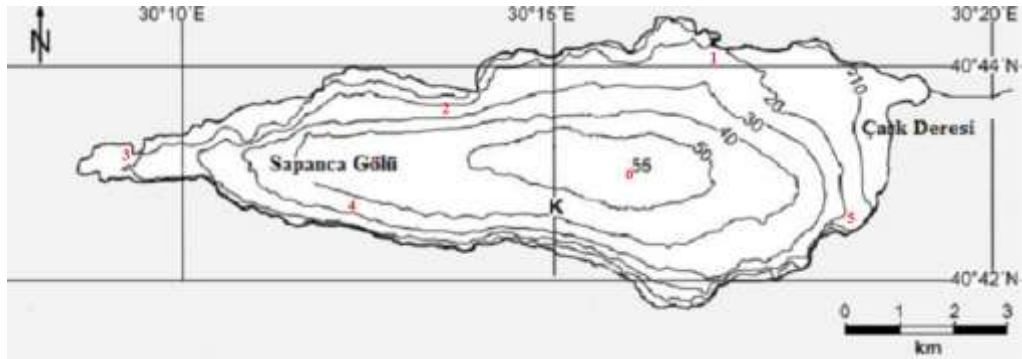
### 3. MALZEME VE YÖNTEM

Sapanca Gölü'nde Şubat 2017- Kasım 2017 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada gölün fiziksel, kimyasal özellikleri ve makrofit kompozisyonu mevsimsel olarak araştırılmıştır. Mevsimsel arazi çalışmalarına ek olarak sucul makrofit tür kompozisyonunun belirlenmesi amacıyla çiçeklenme dönemi olan Nisan – Ekim ayları arasında kıyısal alan çalışmaları da yapılmıştır.

#### 3.1. ÇALIŞMA BÖLGESİ

İçme suyu niteliği taşıyan Sapanca Gölü aynı zamanda rekreasyon amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Çevresinde tarım arazileri, ormanlık alanlar, yerleşim birimleri ve sanayi tesisleri bulunmaktadır. Yerleşim birimleri gölün güney tarafında yoğunlaşırken kuzey tarafında ormanlık ve tarımsal alanlar yer almaktadır. Batı ucunda sanayi tesisleri yer alırken doğu kısmında tarım arazileri ve hafif yoğunlukta yerleşim birimleri bulunmaktadır. Aynı zamanda gölün tek çıkış noktası olan Çark Deresi gölün doğusunda almaktadır (Erdener, 2010; Çakır, 2010; Kaçmaz, 2010; İkinci, 2016).

Örnekleme istasyonları güncel bir harita kullanılarak ve keşif arazisi sonucunda göle etki eden çevresel faktörler göz önünde bulundurularak gölü temsil edebilecek nitelikte altı istasyon olarak seçilmiştir (Tablo 3.1). Her istasyonda en derin nokta üç metre olarak belirlenmiştir. İstasyonlar sırasıyla Saski, Eşme, Seka, Kurtköy ve Gölpark mevkii açıklarındadır. 6. istasyon olan göl ortası su kalitesi için referans noktası olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Sapanca Gölü konumu ve örnek alma istasyonları.

**Tablo 3. 1:** İstasyonların koordinatları.

	İstasyonlar	Kuzey (y-koordinat)	Güney (x- koordinat)
1	Saski	40°44'14.7"N	30°17'35.1"E
2	Eşme	40°43'42.0"N	30°13'47.1"E
3	Seka	40°42'55.4"N	30°09'30.2"E
4	Kurtköy	40°42'21.0"N	30°12'12.6"E
5	Gölpark	40°42'22.9"N	30°18'55.0"E
6	Göl orta	40°42'21.9"N	30°16'25.8"E



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

**Şekil 3.2:** Sapanca Gölü istasyonları genel görüntüleri, (a) Saski, (b) Eşme, (c) Seka, (d) Kurtköy, (e) Gölpark.



### 3.2. FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELER

Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik ölçümleri sahada WTW marka multiparametre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Kimyasal analizler ve birincil verimliliğin göstergesi olan klorofil-a analizleri için belirlenen istasyonların yüzey suyundan örnekler alınmıştır. Su örnekleri 1 L'lik polietilen şişelerde, soğutucu paketler ile birlikte taşıma kabında laboratuvar ortamına ulaştırılmıştır. Yapılacak analizler için gerekli olan ön işlemler tamamlanmıştır. Besin tuzları (nitrat, nitrit, *orto*-fosfat) analizleri APHA-AWWA-WEF (1995)'e göre yapılmıştır. Klorofil-a tayinleri için alınan 1L'lik örnekler GF-C filtre kağıtlarından süzülmuş ve filtre kağıtları küçük parçalar haline getirildikten sonra asetona çözeltisi eklenerek 10 ml'lik tüplere aktarılmış ve 24 saat boyunca karanlık ortamda buzdolabında bekletilmiştir. Bekleme süresinin ardından örnekler laboratuvarında spektrofotometrik olarak standart metotlara göre ölçülmüştür (Golterman, 1978).

### 3.3. MAKROFİTLER

Su altı makrofit örneklemeleri istasyon derinliklerine göre en fazla üç metre derinliğe kadar standart derinlikler belirlenerek üç tekrarlı olarak sınırlandırılmış alanlardan tırmık yardımı ile yapılmıştır (Wetzel,1986; Balcı,2012). Alınan örnekler plastik torbalarla muhafaza edilerek uygun koşullarda laboratuvara götürülmüştür. Makrofitlerin tür teşhisi yapılmıştır. Fazla su ve yabancı materyallerden arındırılarak yaş ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kuru ağırlık ölçümleri yapılmaya kadar alüminyum folyo ile sarılarak dondurulmuştur. Kuru ağırlık ölçümü 105°C'da 24 saat kurutulmuş yapılmıştır (Westlake, 1986; Wetzel ve Likens, 1991). Yaş ve kuru ağırlık ölçümleri dikkate alınarak alansal biyomas hesabı gerçekleştirilmiştir.

### 3.4. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Makrofit verileri PRIMER 5 yazılımı kullanılarak çok değişkenli tekniklerle incelenmiştir. Makrofit topluluk yapısını tanımlamak için Shannon-Weaver (H') çeşitlilik indeksi kullanılmıştır (Odum, 1971; Clarke ve Warwick, 1994).

Makrofitlerin yoğunlukları arasındaki farklılığı dengelemek için karekök dönüşümü uygulanmış (Clarke ve Warwick, 1994), elde edilen veriler Bray-Curtis benzerlik indeksine göre kümeleme analizi ve parametrik olmayan çok boyutlu ölçekleme analizi (nMDS) yapılarak benzerlik matrisi oluşturmak için kullanılmıştır. Örnekler mevsimler ve istasyonlara

göre gruplandırılmıştır. Topluluk yapısındaki bölgesel ve mevsimsel farklılıklara katkıda bulunan dominant türler, SIMPER testine göre benzerlik yüzdesi prosedürü kullanılarak incelenmiştir. Makrofit verileri ve diğer çevresel parametrelerin mevsimsel ve bölgesel farkları ANOVA (Tukey'in HSD post hoc testi,  $p < 0,05$  ve  $p < 0,01$ ) kullanılarak test edilmiştir. Makrofitler ve çevresel değişkenler arasındaki korelasyon parametrik olmayan Spearman korelasyonu uygulanarak değerlendirilmiştir ( $p < 0,01$  ve  $0,05$ ).



## 4. BULGULAR

### 4.1 FİZİKOKİMYASAL ANALİZLER

#### 4.1.1. Sıcaklık

Sıcaklık değerleri istasyonlar arası belirgin bir farklılık göstermezken, mevsimsel farklılık istatistiksel açıdan önemli olmuştur ( $p<0,01$ ). Ortalama  $17,5\pm0,4^{\circ}\text{C}$  olarak belirlenen sıcaklık kış mevsiminde en düşük ( $5,8^{\circ}\text{C}$ ) değerlerde kaydedilirken, ilkbaharla birlikte artışa başlamıştır. En yüksek su sıcaklığı ( $28^{\circ}\text{C}$ ) yaz mevsiminde ölçülmüştür. Makrofitlerin var olduğu mevsimlerde yapılan ölçümlerde ise en düşük sıcaklık ( $15,4^{\circ}\text{C}$ ) sonbahar mevsiminde Saski istasyonunda, en yüksek sıcaklık ( $28^{\circ}\text{C}$ ) yaz mevsiminde Kurtköy istasyonunda ölçülmüştür. Su sıcaklığının istasyonlara göre mevsimsel değişimleri Şekil 4.1’de verilmiştir.

#### 4.1.2. pH

İstasyonlar ve mevsimler arası belirgin bir farklılık gösteren pH değerleri ( $p<0,01$ ), en yüksek ( $8,23$ ) sonbahar mevsiminde Gölpark istasyonunda, en düşük ( $6,86$ ) yaz mevsiminde Seka istasyonunda ölçülmüştür. pH değerinin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.

#### 4.1.3. Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerleri en yüksek değer yaz mevsiminde referans istasyon olarak seçilen göl ortasında ( $10,42\text{ mg/L}$ ) ölçülmüştür. Kıyasal istasyonlarda ise en düşük değer sonbahar mevsiminde Eşme istasyonunda ( $6,58\text{ mg/L}$ ), en yüksek değer ( $9,69\text{ mg/L}$ ) Gölpark istasyonunda ölçülmüştür. Ölçülen değerler istasyonlar ve mevsimler arasında belirgin farklılık ( $p<0,01$ ) göstermiştir. Çözünmüş oksijen miktarının istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.

#### 4.1.4. İletkenlik

Sapanca Gölü sularında tespit edilen en yüksek elektriksel iletkenlik değeri sonbahar mevsiminde Saski istasyonunda ( $286\ \mu\text{s/cm}$ ), en düşük değer yaz mevsiminde Seka ve Gölpark istasyonlarında aynı olmak üzere ( $248\ \mu\text{s/cm}$ ) olarak ölçülmüştür. Sıcaklık ve sudaki

anyon ve katyon değerleri ile ilişkili olan iletkenlik değerleri istasyonlara ve mevsimlere bağlı olarak değişkenlik göstermiştir ( $p<0,01$ ). Elektriksel iletkenlik ve su sıcaklığı istatistiksel olarak kuvvetli negatif ilişki ( $r=0,79$ ,  $p<0,01$ ) kaydedilmiştir. İletkenliğin istasyonlara göre mevsimsel değişimi Şekil 4.1 de verilmiştir.

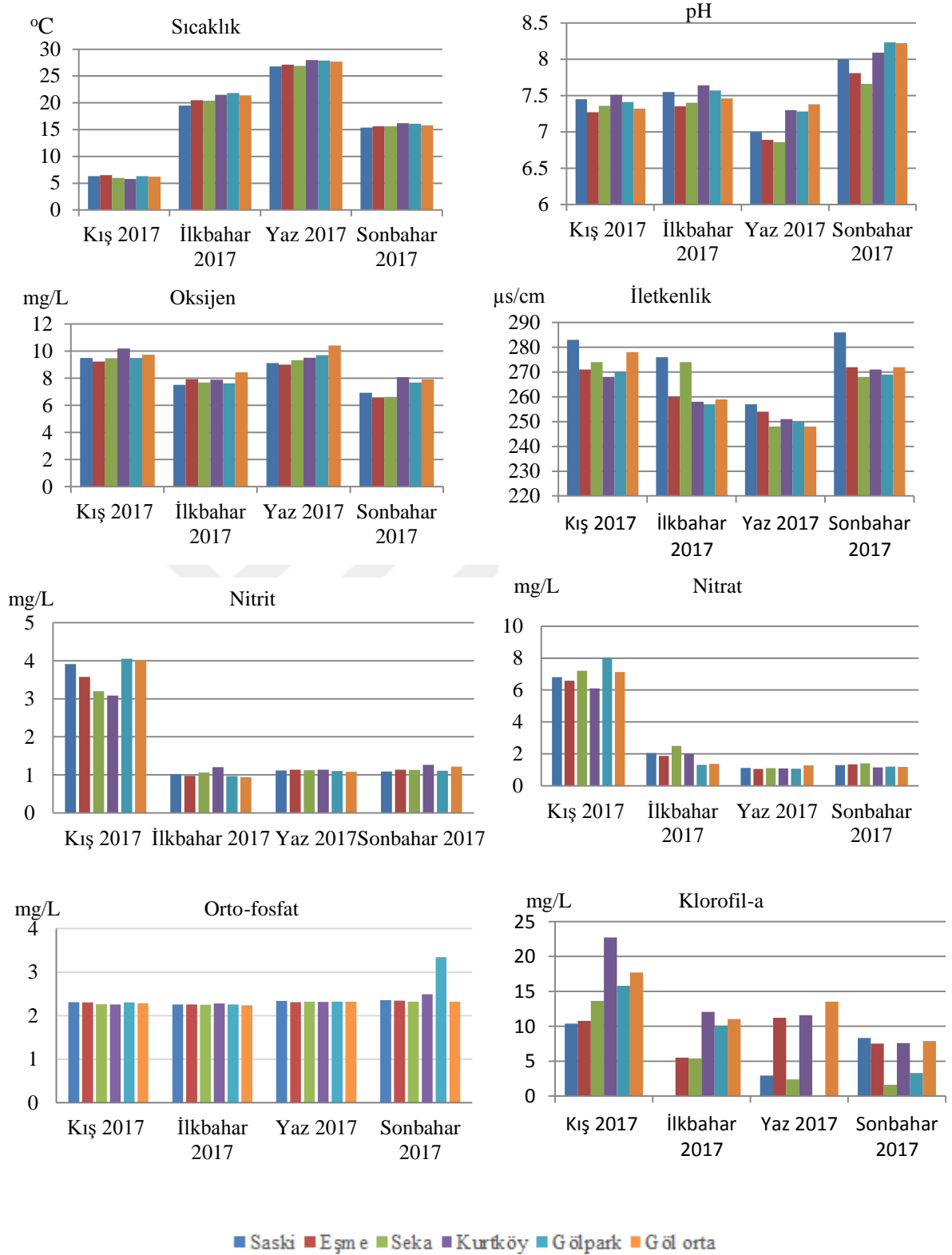
#### 4.1.5 Besin Tuzları ve Klorofil-a

Belirlenen istasyonlarda alınan su rneklelerinin nitrit analizi sonuçlarına göre kıyusal istasyonlarda en yüksek değer (4,05 mg/L) kış mevsiminde ve en düşük değer (0,96 mg/L) ilkbahar mevsiminde Gölpark istasyonunda llmştr. Gl ortasında ise en yüksek değer kış mevsiminde 4,01 mg/L, en yüksek değer 0,94 mg/L olarak ilkbahar mevsiminde llmştr. İstasyonlar arası farklılık göstermeyen nitrit konsantrasyonu, mevsimsel olarak farklılık ( $p<0,01$ ) göstermiştir.

Kıyusal istasyonlarda kaydedilen nitrat konsantrasyonu en yüksek değeri (8,04 mg/L) kış mevsiminde Gölpark istasyonunda, en düşük değer (1,06 mg/L) yaz mevsiminde Eşme ve Gölpark istasyonunda kaydedilmiştir. Gl ortasında yapılan ölümlere göre en yüksek değer kış mevsiminde 7,12 mg/L, en düşük değer 1,18 mg/L olarak sonbahar mevsiminde kaydedilmiştir. İstasyonlar arası farklılık göstermeyen değerler mevsimsel olarak farklılık ( $p<0,01$ ) göstermiştir.

Bölgesel ve mevsimsel olarak farklılık göstermeyen orto-fosfat konsantrasyonu ortalama  $2,34\pm 0,1$ mg/L olarak kaydedilmiştir. Kıyusal istasyonlarda en yüksek değer (3,34mg/L) sonbahar mevsiminde Gölpark istasyonunda, en düşük (2,25 mg/L) kış mevsiminde Kurtköy istasyonunda tespit edilmiştir. Gl ortasında ise en yüksek değer yaz mevsiminde 2,32 mg/L, en düşük değer 2,24 mg/L ile ilkbahar mevsiminde llmştr.

Sucul ortamlarda biyolojik verimliliğin bir göstergesi olan klorofil-a miktarı Sapanca Gölü'nde ortalama  $8,87\pm 3,43$  mg/L bulunmuştur. En yüksek değeri (22,72 mg/L) kış mevsiminde Kurtköy'de, en düşük değeri (1,61 mg/L) sonbahar mevsiminde Seka istasyonunda kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler istasyonlar ve mevsimler arası farklılık ( $p<0,05$ ) göstermiştir.



Şekil 4.1: Göl suyunda ölçülen fizikokimyasal parametreler ve klorofil-a'nın istasyonlara göre mevsimsel değişimleri.

İstasyonlarda mevsimsel olarak analiz edilen fizikokimyasal parametreler ve klorofil-a değerleri, toplam makrofit ve kaydedilen türlerinin yoğunlukları, tür sayıları ve tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler Spearman korelasyon analizi ile hesaplanmış, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar önem derecelerine göre Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Sapanca Gölü makrofitleri kommunité yapısının temel çevresel parametreler ve klorofil *a* değerleri ile ilişkileri (r: Spearman korelasyon katsayısı, \*\*: p<0,01, \*: p<0,05, -: önemsiz, Myr spi: *Myriophyllum spicatum*, Cer dem: *Ceratophyllum demersum*, Elo can: *Elodea canadensis*, Naj min: *Najas minor*, Cha sp: *Chara sp.*, Pot luc: *Potamogeton lucens*, Pot per: *Potamogeton perfoliatus*).

		Spearman korelasyon katsayısı (r)						
		Sıcaklık	Çözünmüş oksijen	pH	İletkenlik	Nitrit+nitrat	Orto-fosfat	Klorofil- a
Makrofit Tür Çeşitliliği (H')		0,63**	-0,48*	-	-0,47*	-0,60**		-0,54*
Makrofit Tür Sayısı (S)		0,72**	-	-	-0,54*	-0,82**	0,55*	-0,55*
Toplam Makrofit Yoğunluğu (D)		0,74**	-	-	-0,52*	-0,62**		-0,48*
Tür yoğunlukları								
	Myr spi	-	-	-	-	-	-	-
	Cer dem	-	-	-	-	-	-	-
	Elo can	-	-	-	-	-	-	-
	Naj min	-	-	-	-	-	-	-
	Cha sp.	0,74**	-	-	-0,51*	-0,54*	-	-
	Pot luc	0,56*	-	-	-	-0,49*	-	-
	Pot per	0,46*	-	-	-	-0,49*	-	0,60**

## 4.2. MAKROFİTLER

Sapanca Gölü makrofit tür kompozisyonu Tablo 4.2’de verilmiştir. Yapılan sualtı arazi çalışmaları sonucunda Sapanca Gölü’nde sualtı makrofitlerine ait toplam yedi tür bulunmuştur. Bulunan türler; *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Najas minor*, *Chara* sp., *Potamogeton perfoliatus* ve *Potamogeton lucens*’tir.

Yapılan kıyısız çalışmalarda ise su altı çalışmalarında bulunan türlerden farklı olarak sualtı türlerine ait beş tür, yüzücü makrofitlere ait beş tür, yarı batık makrofitlere ait beş tür kaydedilmiştir. Bulunan su altı türler; *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton natans*, *Nitella* sp. ve *Vallisneria spiralis*; yüzücü türler; *Lemna minor*, *Salvinia* sp., *Azolla* sp., *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*; yarı batık türler; *Butomus umbellatus*, *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Phragmites australis*’ tir.

**Tablo 4.2:** Sapanca Gölü’nde bulunan makrofit türleri.

	<b>Familya</b>	<b>Tür</b>
Su altı makrofitler	<i>Haloragaceae</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>
	<i>Ceratophyllaceae</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
	<i>Hydrocharitaceae</i>	<i>Elodea canadensis</i>
	<i>Najadaceae</i>	<i>Najas minor</i>
	<i>Characeae</i>	<i>Chara</i> sp.
		<i>Nitella</i> sp.
	<i>Potamogetonaceae</i>	<i>Potamogeton lucens</i>
		<i>Potamogeton perfoliatus</i>
		<i>Potamogeton pectinatus</i>
		<i>Potamogeton crispus</i>
<i>Potamogeton natans</i>		
Yüzücü makrofitler	<i>Lemnaceae</i>	<i>Lemna minor</i>
	<i>Salviniaceae</i>	<i>Salvinia</i> sp.
		<i>Azolla</i> sp.
	<i>Nymphaeaceae</i>	<i>Nuphar lutea</i>
<i>Nymphaea alba</i>		
Yarı batık makrofitler	<i>Butomaceae</i>	<i>Butomus umbellatus</i>
	<i>Typhaceae</i>	<i>Sparganium erectum</i>
		<i>Typha angustifolia</i>
	<i>Cyperaceae</i>	<i>Schoenoplectus lacustris</i>
<i>Poaceae</i>	<i>Phragmites australis</i>	

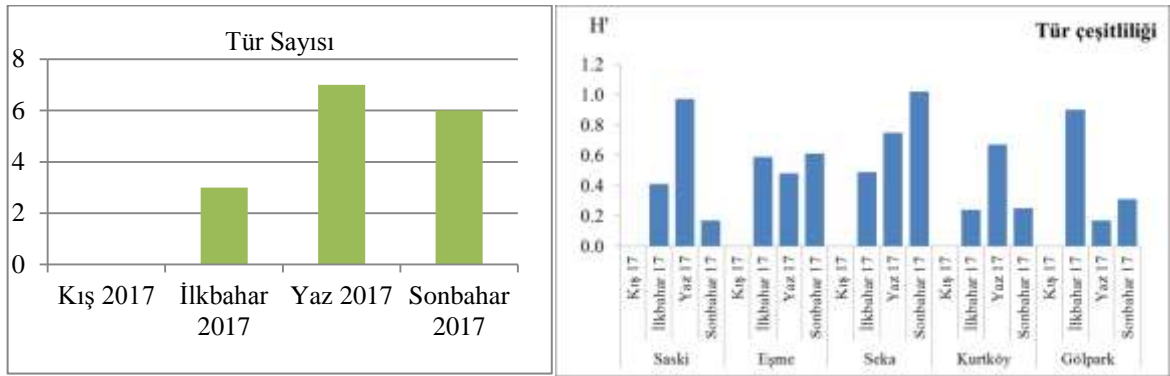
Çalışma süresince tespit edilen türlerin varlığı mevsimlere ve belirlenen istasyonlara göre farklılık göstermiştir ( $p < 0,05$ , Tablo 4.3). Kış mevsiminde herhangi bir su altı makrofit türüne rastlanmamıştır. Makrofitlerin gelişim gösterdiği ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde devamlı olarak su içinde varlık sürdüren bitkiler *P. lucens*, *Chara* sp., *C. demersum* türleridir.

İlkbaharda kaydedilen bu üç türe ek olarak yaz mevsiminde *E. canadensis*, *P. perfoliatus*, *M. spicatum*, *N. minor* kaydedilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise bu türlerden altısı varlığını sürdürmüştür, *N. minor*' e rastlanmamıştır. Ancak *N. minor*' ün istasyon dışındaki sığ alanlarda gelişim gösterdiği tespit edilmiştir.

**Tablo 4.3:** Makrofitlerin istasyon ve mevsimlere göre varlık-yokluk durumu.

Mevsimler	İstasyon	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Najas minor</i>	<i>Chara</i> sp.	<i>Potamogeton lucens</i>	<i>Potamogeton perfoliatus</i>
Kış	Saski	-	-	-	-	-	-	-
	Eşme	-	-	-	-	-	-	-
	Seka	-	-	-	-	-	-	-
	Kurtköy	-	-	-	-	-	-	-
	Gölpark	-	-	-	-	-	-	-
İlkbahar	Saski	-	+	-	-	+	+	-
	Eşme	-	-	-	-	+	+	-
	Seka	-	-	-	-	+	+	-
	Kurtköy	-	-	-	-	+	+	-
	Gölpark	-	+	-	-	+	+	-
Yaz	Saski	+	-	-	-	+	+	+
	Eşme	-	-	-	-	+	+	-
	Seka	-	-	+	-	+	+	-
	Kurtköy	+	-	+	+	+	+	+
	Gölpark	-	+	-	-	+	+	+
Sonbahar	Saski	-	-	-	-	+	+	-
	Eşme	+	-	-	-	-	+	-
	Seka	-	-	+	-	+	+	-
	Kurtköy	-	+	-	-	+	+	+
	Gölpark	+	+	+	-	+	+	-

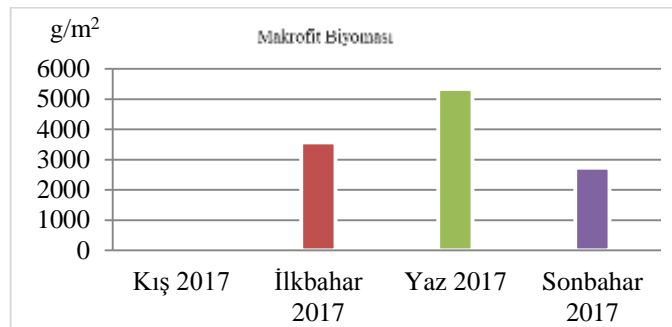




**Şekil 4.2:** Makrofitlerin tür sayısı ve tür çeşitliliğinin istasyonlara ve mevsimlere göre değişimi (H').

Genel olarak gölde tür çeşitliliği (H') düşük değerlerde (<1) kaydedilmiş ve ortalama değer  $0.40 \pm 0,34$  olarak bulunmuştur. İstasyonlar arasında belirgin bir farklılık kaydedilmemiş, mevsimsel değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. ( $p < 0,05$ ). En yüksek çeşitlilik (1,02) Seka istasyonunda sonbahar döneminde kaydedilmiştir. Tür çeşitliliği ile tür sayısı pozitif korelasyon göstermiştir ( $r = 0,6$ ,  $p < 0,01$ ).

Kıyısız istasyonlarda kaydedilen toplam makrofit biyomasi ortalama  $582 \pm 622 \text{ g/m}^2$  olarak kaydedilmiştir. Mevsimsel olarak yapılan örneklemler sonucunda kış mevsiminde hiç makrofite rastlanmazken ilkbahar mevsiminde kaydedilen üç tür ile toplam makrofit biyomasi  $3568 \text{ g/m}^2$ 'ye ulaşmış ve en yüksek biyomas değerleri ( $5335 \text{ g/m}^2$ ) yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Toplam makrofit biyomasi sonbahar mevsiminde tekrar düşüşe ( $2733 \text{ g/m}^2$ ) geçmiştir.

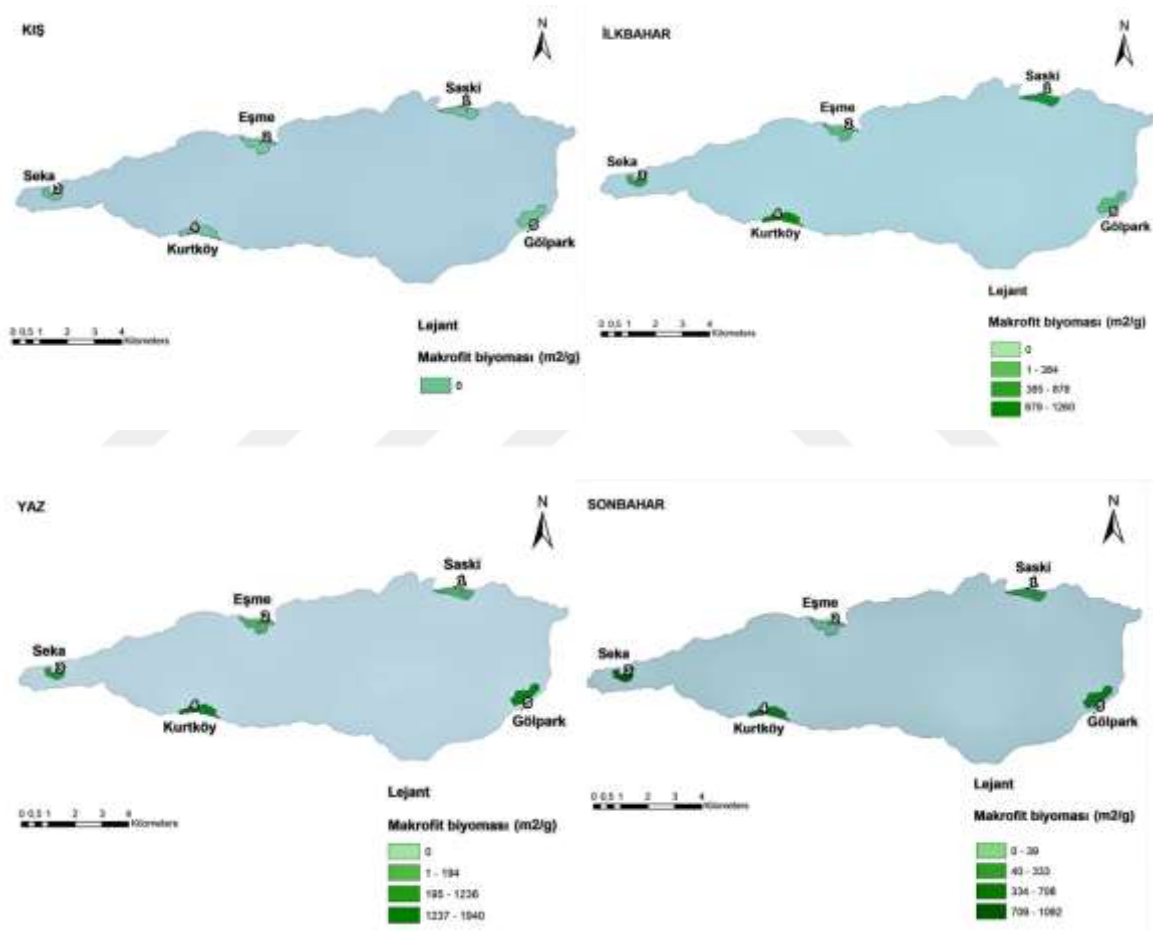


**Şekil 4.3:** Makrofit biyomasının mevsimsel değişimi.

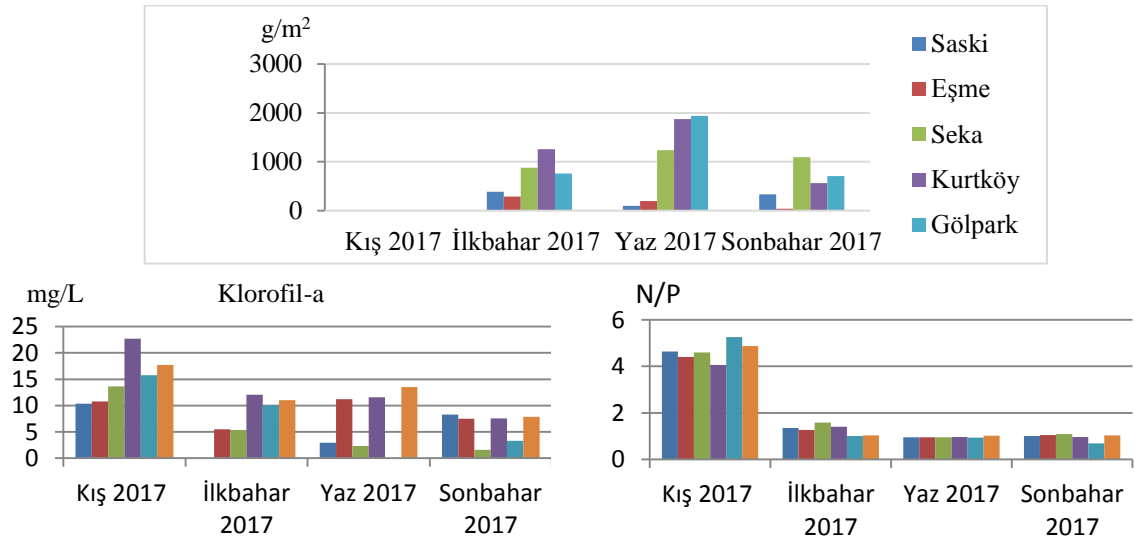
İstasyonlar arasında belirgin farklılık gösteren makrofit biyomasının en yüksek değeri ( $1940 \text{ g/m}^2$ ) yaz mevsiminde Gölpark istasyonunda kaydedilmiş, *P. lucens*  $1851 \text{ g/m}^2$  ile en baskın

tür olmuştur. Kış döneminde hiç makrofit kaydedilmezken, en düşük biyomas değeri ( $39 \text{ g/m}^2$ ) sonbahar mevsiminde Eşme istasyonunda kaydedilmiştir.

İlkbahar mevsiminde en yüksek biyomas değeri ( $1259 \text{ g/m}^2$ ) Kurtköy istasyonunda, en düşük biyomas ( $288 \text{ g/m}^2$ ) Eşme istasyonunda, yaz mevsiminde en yüksek biyomas değeri ( $1940 \text{ g/m}^2$ ) Gölpark istasyonunda, en düşük biyomas değeri ( $96 \text{ g/m}^2$ ) Saski istasyonunda, sonbahar mevsiminde en yüksek biyomas değeri ( $1092 \text{ g/m}^2$ ) Seka istasyonunda, en düşük biyomas değeri ( $39 \text{ g/m}^2$ ) Eşme istasyonunda kaydedilmiştir.



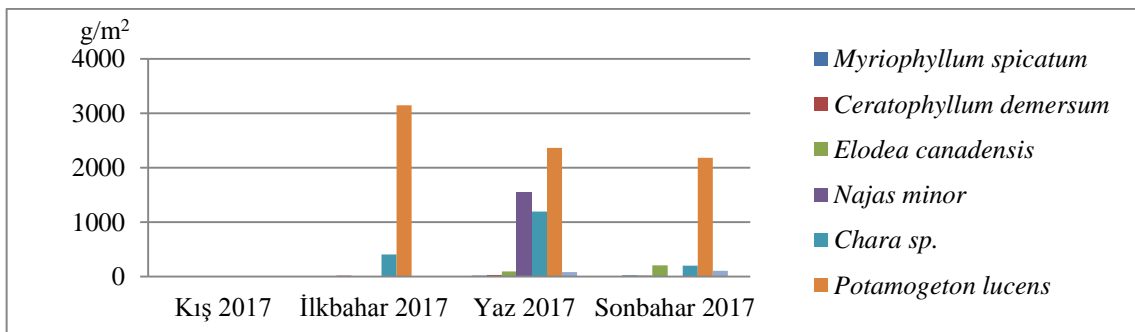
Şekil 4.4: Toplam makrofit biyomasının istasyonlara göre mevsimsel değişiminin göl haritası üzerinde gösterimi.



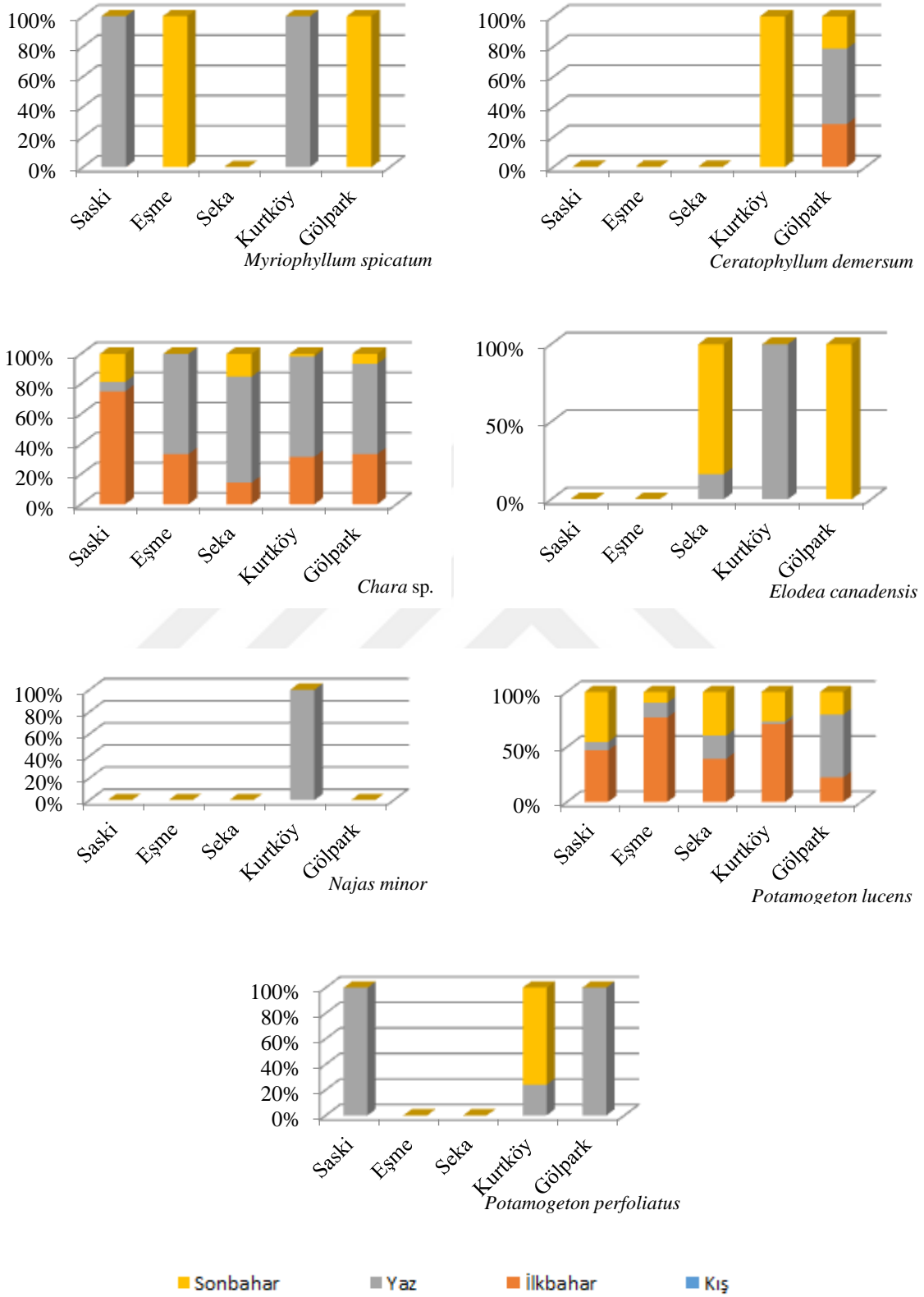
Şekil 4.5: Toplam makrofit biyomasının istasyonlara göre mevsimsel değişimi ve klorofil-a ile N/P

Teoride 16:1 oranında olması gereken N/P oranı, yapılan bu çalışmada 6:1 olarak bulunmuş ve N, Sapanca Gölü için sınırlayıcı olmuştur. Köklü makrofitlerin N'ü sudan doğrudan alabilmeleri, kökleri ile sedimente bağlayabilmeleri, algler ve perifiton için substrat sağlamaları sudaki N miktarının sınırlandırmasında etkili olmaktadır (Babourina ve Rengel, 2010).

Tespit edilen türlerin biyomasları mevsimsel olarak da farklılık göstermiştir. Biyomasların çoktan aza sıralaması, ilkbaharda *P. lucens*, *Chara* sp., *C. demersum*; yaz mevsiminde *P. lucens*, *N. minor*, *Chara* sp., *E. canadensis*, *P. perfoliatus*, *C. demersum*, *M. spicatum*; sonbaharda *P. lucens*, *E. canadensis*, *Chara* sp., *P. perfoliatus*, *M. spicatum*, *C. demersum* olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.6: Makrofit türlerinin mevsimlere göre biyomasları.



Şekil 4.7: Makrofit türlerinin istasyonlara göre mevsimsel dağılım yüzdesi.

Makrofit türlerinin istasyonlara göre mevsimsel dağılım yüzdeleri Şekil 4.7' de verilmiştir. Saski istasyonunda ilkbahar mevsiminde *P. lucens* ve *Chara* sp. türleri kaydedilmiş, *P. lucens* biyoması ( $328 \text{ g/m}^2$ ) ile en yüksek biyoması oluşturmuştur. Yaz mevsiminde su altı makrofit tür sayısında artış gözlemlenmiş en yüksek biyomas değerine yine ( $54 \text{ g/m}^2$ ) *P. lucens* sahip olmuş ve onu ( $33 \text{ g/m}^2$ ) ile *P. perfoliatus* takip etmiştir. Biyomas bakımından *Chara* sp.  $4 \text{ g/m}^2$ , *M. spicatum*  $3 \text{ g/m}^2$  olarak kaydedilmiştir. Sonbahar mevsiminde *P. lucens* ve *Chara* sp. türleri gözlemlenmiştir. *P. lucens* biyoması  $319 \text{ g/m}^2$ , *Chara* sp. biyoması  $13 \text{ g/m}^2$  olarak kaydedilmiştir.

Eşme istasyonunda ilkbahar ve yaz mevsimlerinde *P. lucens* ve *Chara* sp. türleri gözlemlenmiştir. İlkbahar mevsiminde *P. lucens* ( $209 \text{ g/m}^2$ ) biyoması baskın iken yaz mevsiminde *Chara* sp. ( $157 \text{ g/m}^2$ ) biyoması baskın olarak kaydedilmiştir. Sonbahar mevsiminde *Chara* sp. türü gözlenmemiş olup *P. lucens* varlığını sürdürmüş ve farklı olarak *M. spicatum* türüne rastlanmıştır. *P. lucens* biyoması ( $27 \text{ g/m}^2$ ) iken *M. spicatum* biyoması ( $11 \text{ g/m}^2$ ) olarak kaydedilmiştir.

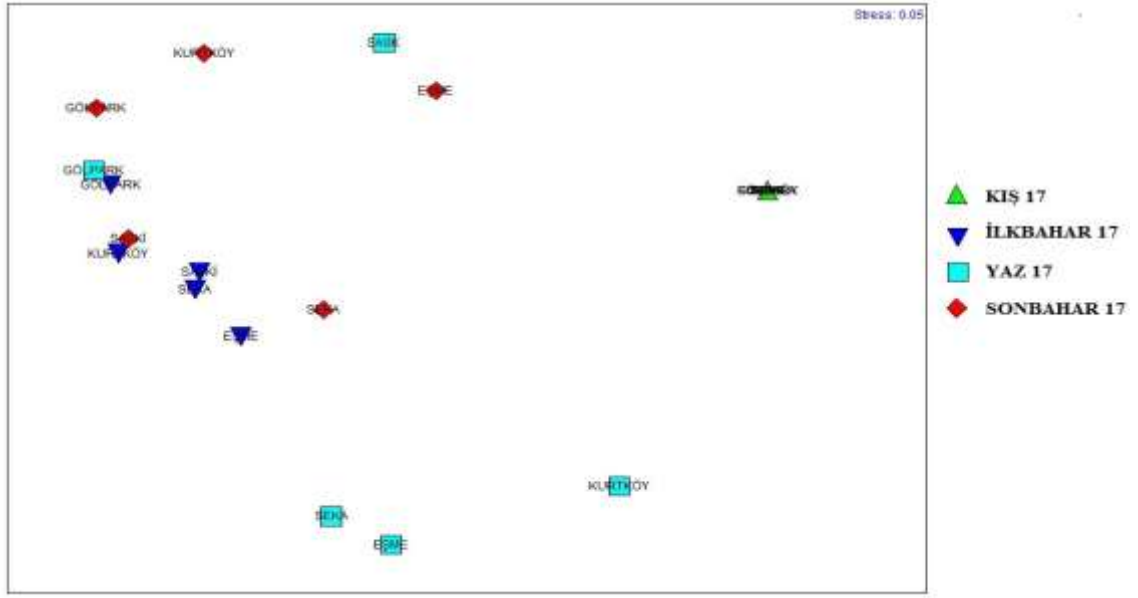
Seka istasyonunda ilkbahar mevsiminde *P. lucens* ve *Chara* sp. türleri gözlemlenmiştir. *P. lucens* biyoması ( $711 \text{ g/m}^2$ ), *Chara* sp. biyoması ( $166 \text{ g/m}^2$ ) olarak kaydedilmiştir. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde tür sayısında artışla *P. lucens*, *Chara* sp. ve *E. canadensis* türleri gözlemlenmiştir. Yaz mevsiminde en yüksek biyomas değerine ( $814 \text{ g/m}^2$ ) *Chara* sp. ulaşmış ve onu sırasıyla ( $383 \text{ g/m}^2$ ) ile *P. lucens* ve ( $37 \text{ g/m}^2$ ), *E. canadensis* takip etmiştir. Sonbahar mevsiminde tür sayısının sabit kaldığı sadece biyomas değerlerinin değiştiği gözlemlenmiş, *P. lucens*  $720 \text{ g/m}^2$ , *E. canadensis*  $196 \text{ g/m}^2$ , *Chara* sp.  $175 \text{ g/m}^2$  olarak kaydedilmiştir.

Kurtköy istasyonunda ilkbahar mevsiminde *P. lucens* ve *Chara* sp. türlerine rastlanmış, *P. lucens*  $1176 \text{ g/m}^2$  ile en yüksek biyoması oluşturmuştur. Yaz mevsiminde tür sayısında artış kaydedilmiş, *P. lucens*, *P. perfoliatus*, *Chara* sp., *N. minor*, *E. canadensis* ve *M. spicatum* türleri gözlemlenmiştir. Biyomas değerleri sırasıyla *Najas minor* ( $1552 \text{ g/m}^2$ ), *Chara* sp. ( $175 \text{ g/m}^2$ ) *E. canadensis* ( $56 \text{ g/m}^2$ ), *P. lucens* ( $36 \text{ g/m}^2$ ), *P. perfoliatus* ( $33 \text{ g/m}^2$ ), *M. spicatum* ( $15 \text{ g/m}^2$ ) olarak kaydedilmiştir. Sonbahar mevsiminde tür sayısında azalma gözlenirken *N.* türüne rastlanmamıştır. *Chara* sp., *C. demersum*, *P. lucens*, *P. perfoliatus* türleri

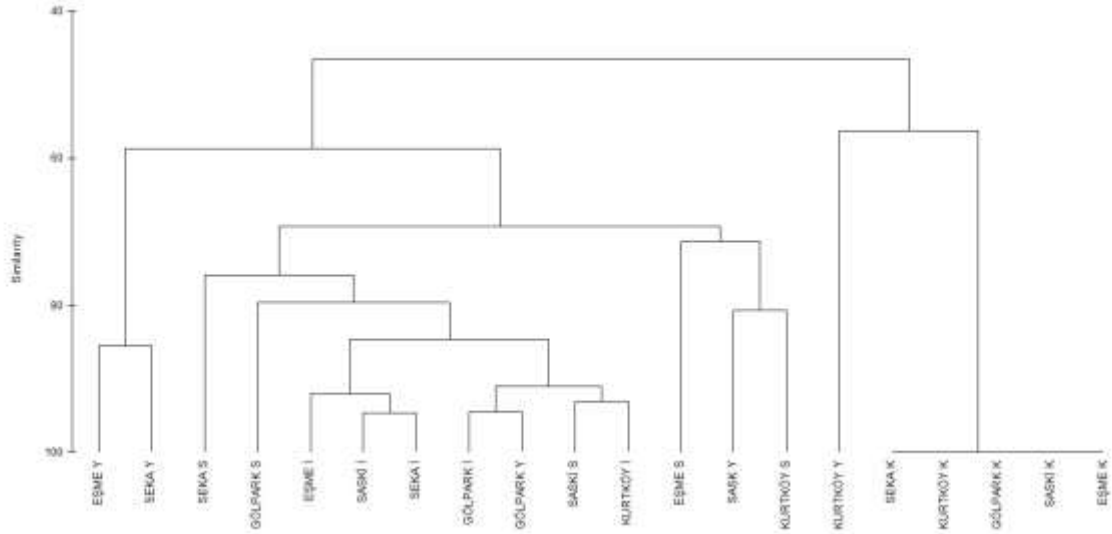
gözlemlenmiştir. Biyomas değerleri sırasıyla *P. lucens* (446 g/m<sup>2</sup>), *P. perfoliatus* (105 g/m<sup>2</sup>), *Chara* sp.(4 g/m<sup>2</sup>), *C. demersum* (4 g/m<sup>2</sup>) olarak kaydedilmiştir.

Gölpark istasyonunda ilkbahar mevsiminde *C. demersum*, *Chara* sp. ve *P. lucens* türleri gözlemlenmiştir. En yüksek biyomasa (720 g/m<sup>2</sup>) *P. lucens* sahip olmuş onu ile *Chara* sp. (23 g/m<sup>2</sup>) takip etmiş ve en düşük biyomas ile *C. demersum* (17 g/m<sup>2</sup>) olarak kaydedilmiştir. Yaz mevsiminde *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton perfoliatus*, *Chara* sp. ve *Potamogeton lucens* türleri gözlemlenmiştir. Türlerin biyomas miktarı *P. lucens* (1851 g/m<sup>2</sup>), *Chara* sp. (41 g/m<sup>2</sup>), *C. demersum* (30 g/m<sup>2</sup>), *P. perfoliatus* (16 g/m<sup>2</sup>) olarak kaydedilmiştir. Sonbahar mevsiminde tür sayısında artışla birlikte *C. demersum*, *P. lucens*, *Chara* sp., *M. spicatum*, *E. canadensis* türleri gözlemlenmiştir. Biyomas değerleri sırasıyla *P. lucens* (665 g/m<sup>2</sup>), *C. demersum* (13 g/m<sup>2</sup>), *E. canadensis* (12 g/m<sup>2</sup>), *M. spicatum* (11 g/m<sup>2</sup>), *Chara* sp. (4 g/m<sup>2</sup>) olarak kaydedilmiştir.

Sapanca Gölü'nde makrofit biyomas (gr/m<sup>2</sup>) verilerine dayalı olarak yapılan parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme analizi sonuçları Şekil 4.8'de ve Bray Curtis benzerlik dendogramı Şekil 4.9'da verilmiştir. Veri analizi sonuçlarına göre tür topluluklarının yapısı mevsimsel ve bölgesel olarak farklılık göstermiş, genel olarak mevsimsel şartlar daha belirleyici olmuş, makrofit kaydı yapılmayan kış dönemi belirgin olarak ayrı bir grup oluşturmuştur.



Şekil 4.8: Makrofit biyomas ( $\text{g/m}^2$ ) verilerine dayalı olarak yapılan parametrik olmayan çok boyutlu ölçeklendirme analizi kümeleri.

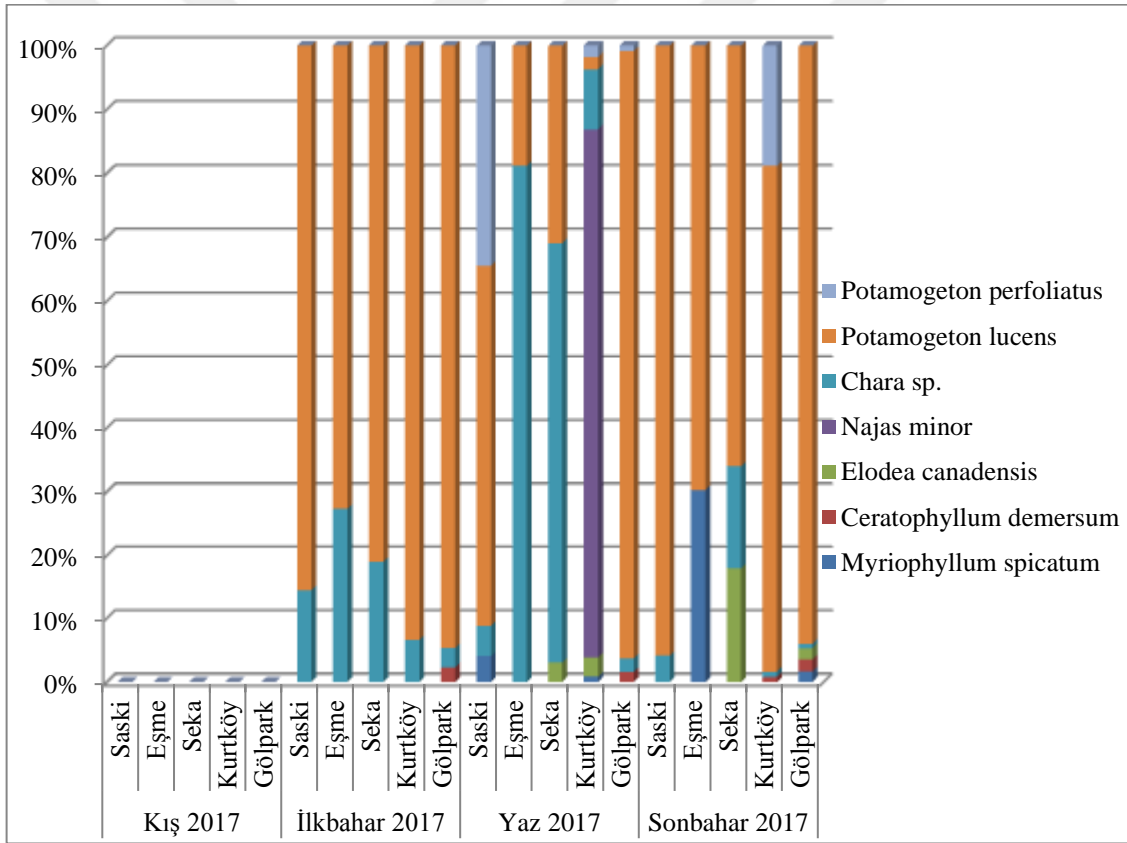


Şekil 4.9: Makrofit biyomas verilerine dayalı olarak Bray Curtis benzerlik dendrogramı (K: Kış, İ: İlkbahar 2017, Y: Yaz 2017, S: Sonbahar 2017)

Sapanca Gölü'nde baskınlık gösteren türler *P. lucens* ve *Chara* sp., her mevsim baskınlığını sürdüren tür *P. lucens* olarak kaydedilmiştir (Şekil 4.10). *P. lucens*, *Chara* sp., *C. demersum* türlerinde ilkbahar mevsiminde ortaya çıkış, yaz mevsiminde biyomas artışı ve sonbahar mevsiminde biyomas düşüşü sonucuna ulaşılmışken; *P. perfoliatus*, *M. spicatum* ve *E. canadensis* türlerinde ilkbahar mevsiminde ortaya çıkış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde

sürekli biyomas artışı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. *N. minor* türüne göl içi çalışmasında sadece yaz mevsiminde rastlanmıştır.

Mevsimsel gruplanma faktör olarak seçildiğinde makrofit topluluklarındaki benzerliğe katkısı olan en önemli tür *P. lucens* olarak kaydedilmiş, ilkbahar (grup içi benzerlik %88) ve sonbahar (grup içi benzerlik %71) dönemlerinde sırasıyla %71 katkısı SIMPER testi ile doğrulanmıştır. Yaz döneminde grup içi benzerlik %52 olarak belirlenmiştir. *P. lucens* % 42 katkı oranıyla benzerliğe katkı sağlayan başlıca tür olarak kaydedilirken, onu % 30 katkı oranı ile *Chara sp.* takip etmiştir. Kış döneminde makrofit kaydı olmadığı için SIMPER testi uygulanamamıştır.



**Şekil 4.10:** Sapanca Gölü'nde kaydedilen toplam makrofit biyomasının nispi oranlarının mevsimsel değişimi.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Göl ekosistemlerinde littoral bölge sistemin yapısını ve fonksiyonunu etkileyen önemli bir bölgedir (Peters & Lodge 2009; Jeppesen et al., 1998) ve göl ekosistemlerinde gerçekleşen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri doğrudan etkiler. Göllerin en verimli alanları (Goldsborough ve ark. 2005; Peters & Lodge 2009; Wetzel 1990) olarak bilinen littoral bölgelerinde bulunan su altı makrofitleri buldukları alan için büyük bir ekolojik ve ekonomik öneme sahiptirler (Hemminga ve Duarte, 2000). Makrofitler, sucul ekosistemlerde biyoçeşitliliğin ve verimliliğin önemli bir bileşeni olmanın yanı sıra, besin ve organik madde dönüşümündeki sayısız işlevleri, kıyı sedimanlarının sabitliği ve sedimentasyonu sağlayarak bulanıklılığın azaltılması, diğer canlılara korunma, beslenme ve üreme alanları sağlaması nedeniyle merkezi bir rol oynamaktadır (Hilt ve ark 2010). Son yıllarda yapılan çalışmalarda su altı makrofitlerinin komünite yapıları, türlerin dominantlığı ve mevsimsel değişimi sucul ekosistemlerin ekolojik kalitesini değerlendirmek ve çevresel faktörlerdeki değişimi ortaya koymak için kullanılacak temel biyolojik unsurlar olarak verilmekte (Penning ve ark., 2008; Sondergaard ve diğerleri, 2010; Bolpagni, 2013) ve iç sularda sualtı makrofit floraları ile ilgili bilgi boşluğunu doldurmak için yoğun izleme programları teşvik edilmektedir (Bolpagni, 2013).

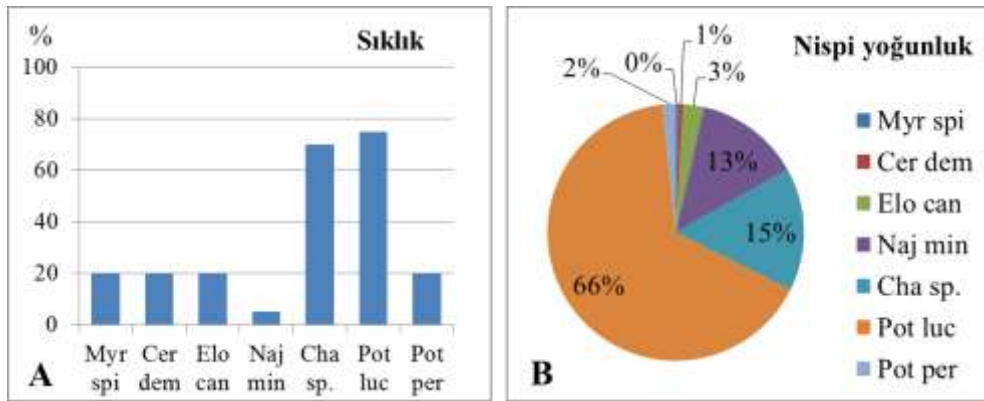
Türkiye iç sularında makrofitler üzerine yapılmış olan çalışmaların çoğu sistematik temelli çalışmalardır ve bu çalışmalarda makrofitlerin diğer canlılarla ilişkisi göz önüne alındığında ülkenin biyoçeşitlilik düzeyini ortaya koymak açısından önemlidir (Özen ve Korkmaz, 2005; Beklioğlu ve ark., 2006; Seçmen ve Leblebici, 1997; Beishenbekova, 2013). Türkiye göllerinde yapılan sistematik çalışmalarda daha çok yarı batık bitkiler ön planda tutulmuştur (Öztürk ve ark., 1996; Özen ve Korkmaz, 2005; Kırkağaç ve ark., 2011; Beishenbekova, 2013; Altınışalı ve ark., 2013; Özçelik ve ark., 2014). Göl içi makrofitlerinin değerlendirildiği çalışmalar ise sınırlı sayıdadır ( Güher ve Kırgız, 2007; Seçmen ve Leblebici, 1997; Turna ve ark., 2010; Kırım ve ark., 2014). Son yıllarda ise makrofitlerin ekolojik olarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar dikkati çekmektedir (Susamlı, 1998; Demir ve ark., 2012; Zeybek ve Kalyoncu, 2012; Şanal ve ark., 2015)

Şubat 2017 – Kasım 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen bu çalışmada Sapanca Gölü'nü temsil edecek şekilde belirlenen istasyonlarda Sapanca Gölü su altı makrofitleri kompozisyonu ve yoğunluklarının mevsimsel değişimi belirlenerek temel çevresel parametreler ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Gölde su altı makrofitlerinden *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Najas minor*, *Chara* sp., *Potamogeton perfoliatus* ve *Potamogeton lucens* türleri bulunmuştur. Ülkemizde yapılmış olan diğer sistematik çalışmalar tür kompozisyonu açısından incelendiğinde Sapanca Gölü'nde tespit edilen su altı makrofit türleri diğer göllerde bulunan makrofit türleri ile benzerlik göstermektedir. Turna ve ark. (2010) tarafından 2007-2010 yılları arasında Eğirdir Gölü'nde yapılan çalışmada bulunan makrofit türleri *Chara* sp., *C. demersum*, *M. spicatum*, *Vallisneria* sp., *Potamogeton* spp. ve *E. canadensis* olarak listelenmiştir. Eskişehir Balıkdama Gölü'nde yapılan bir yüksek lisans çalışmasında su altı makrofitlerinden *Ranunculus trichophyllus*, *Utricularia vulgaris* türleri kaydedilmiştir. Seçmen ve Leblebici (1997) tarafından Türkiye sulak alan bitkileri ve bitki örtüsü üzerine yapılan çalışmada Sapanca Gölü sucul makrofitleri tür kompozisyonu toplam 60 tür olarak kaydedilirken bunların yedi türü su altı makrofiti olarak verilmiştir. Yürütülen tez çalışmasında ise, Seçmen ve Leblebici (1997) tarafından Sapanca Gölü'nde kaydedilen su altı makrofit türlerine rastlanmıştır. Okgerman (2011), 2000-2001 yıllarında Sapanca Gölü balıkları üzerine yaptığı çalışmasında gölde *Myriophyllum* sp., *Ceratophyllum* sp., *Najas* sp., *Chara* sp., *Potamogeton* spp. makrofitlerinin varlığını bildirmiştir. Yürütülen çalışmada Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmalarda bildirilmiş olan türlerden farklı olarak *E. canadensis* varlığı gözlemlenmiştir.

Sapanca Gölü sualtı makrofit biyoması bölgelere ve mevsimlere göre farklılık göstermiştir ( $p<0,05$ ). İstasyonlara göre değerlendirildiğinde en yüksek biyomas yıl boyunca gölün güney tarafında yer alan Kurtköy ( $3692 \text{ g/m}^2$ ), Gölpark ( $3409 \text{ g/m}^2$ ) ve Seka ( $3206 \text{ g/m}^2$ ) istasyonlarında belirlenmiş, gölün kuzeyinde yer alan Eşme ( $814 \text{ g/m}^2$ ) ve Saska ( $522 \text{ g/m}^2$ ) istasyonlarında ise nispeten düşük değerler kaydedilmiştir. Kış döneminde tüm istasyonlarda makrofit kaydı yapılmazken, su sıcaklığına paralel olarak ilkbahar döneminde artış yapan makrofit biyoması yaz döneminde Kurtköy, Gölpark ve Seka istasyonlarında en yüksek biyomasa ulaşmıştır. Gölün makrofit tür kompozisyon yapısı bakımından incelendiğinde tür çeşitliliğinde istasyonlar arasında farklılık kaydedilmemiş, mevsimsel değişim önemli

olmuştur ( $p < 0,05$ ). Biyomas değeri ile birlikte tür zenginliği de doğru orantılı olarak değişmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde varlık gösteren ve sürekli bulunan makrofitler *P. lucens* ve *Chara* sp. olmak üzere iki türe aittir (Tablo 4.3). Üç mevsimde de gölde baskınlık gösteren tür *P. lucens* olarak belirlenmiş ve toplam biyomasın %66'sını oluşturmuştur. Mevsimsel anlamda grup içi benzerliğe katkısı SIMPER testi ile doğrulanarak başlıca tür olarak belirlenmiştir. Göl ekosistemlerinde charofitlerin baskınlığı, temiz su durumunu belirten rolleri ve su kalitesindeki düşme ile ilişkileri ile ilgili yapılmış birçok çalışma vardır (Ozimek ve ark., 1993; Kufel ve Ozimek, 1994; Scheff ve ark., 2001; Mulderij ve ark., 2007; Hilt ve ark., 2010). Bu çalışmalarda düşük besin tuzu ve yüksek görünürlük değerleri charofit gelişimi ile ilişkilendirilmiş ve iyi ekolojik kaliteye sahip sucul alanların karakteristik türü olarak verilmiştir. Teoride, su altı makrofitlerinden (özellikle charofitlerden) yüzen yapraklı kompozisyona geçişin su kalitesindeki bozulma ve su altı makrofitlerin batimetrik dağılımında en önemli faktör olan ışığın sınırlayıcı hale gelmesiyle oluştuğu bilinmektedir (Moss ve ark. 2003). Sapanca Gölü'nde gerçekleştirilen bu çalışmada makrofitlerin batimetrik dağılımı ile ilgili veri toplanmamakla birlikte gölün kuzey ve kuzey batısında yer alan Sasaki ve Eşme istasyonlarında yapılan gözlemlerde yüzen yapraklı türlerin (*Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*) yaygın olarak bulunması sualtı makrofitlerinin gelişimini sınırlandırmıştır.



**Şekil 5.1:** Sapanca Gölü'nde kaydedilen sualtı makrofit türlerinin tekrarlanma oranı (A) ve nispi yoğunlukları (B), Myr spi: *Myriophyllum spicatum*, Cer dem: *Ceratophyllum demersum*, Elo can: *Elodea canadensis*, Naj min: *Najas minor*, Cha sp: *Chara* sp., Pot luc: *Potamogeton lucens*, Pot per: *Potamogeton perfoliatus*).

Genel olarak gölde tür çeşitliliği düşük değerlerde (<1) kaydedilmiş, bu değerlerde çoğunlukla *Potamogeton lucens* (%66) ve zaman zaman *Chara* sp. (%15) türlerinin baskınlığı sebep olmuştur. En fazla tür sayısı yedi olarak yaz mevsiminde kaydedilmiş, tür çeşitliliği de nispeten yüksek değerlerine ulaşmıştır (0,61±0,27). Yaz mevsiminde sadece Kurtköy istasyonunda *N. minor* türü ilk kez kaydedilmiş ve 1553 g/m<sup>2</sup> kuru ağırlık ile %13 baskınlık oluşturmuştur. *M. spicatum*, *C. demersum*, *P. perfoliatus* türleri hem tekrarlanma hem de yoğunlukları açısından önemli olmamış, yaz döneminde artış göstermişlerdir. *E. canadensis* ise ilk kez yaz döneminde Seka, Kurtköy, Gölpark istasyonlarında kaydedilmiştir, en yüksek biyomasa 56 g/m<sup>2</sup> olarak Kurtköy istasyonunda ulaşmıştır. Yabancı ve istilacı bir tür olan *E. canadensis* türünün varlığı ilk kez Sapanca Gölü'nde bu çalışma ile bildirilmektedir (basılmamış veri). Türkiye'de kaydı ilk olarak Trakya Bölgesi'nde Davis (1984) tarafından bildirilmiştir. Daha sonra, Gala Gölü'nde (Altınyar, 1988) ve çevre bölgelerdeki bazı drenaj kanallarında tanımlanmıştır (Seçmen ve Leblebici, 1997). 2005 yılında, Eğirdir Gölünde ilk kaydı yapılmış ve sonraki yıllarda tüm göl alanına yayıldığı bildirilmiştir (Kesici ve ark. 2009). *Elodea* türünün iç sularda kolay dağılım yolları (sulama kanalları, su kuşları ve diğer hayvanlar, balıkçılık faaliyetleri ve suların rekreasyonel kullanımı)(Huotari ve Korpelainen, 2013), türün değişen çevresel faktörlere karşı yüksek toleransı ve hızlı vejetatif üreme kabiliyeti gibi avantajları bilinmektedir. Besin tuzu artışları ve ötrofikasyon süreci bu türün kitlesel gelişimine ve yayılmasına katkıda bulunur (Collins ve ark.,1987). Avrupa iç sularındaki yayılımı ve hızlı kolonizasyon başarısı dikkate alındığında Sapanca Gölü'ndeki kaydı ve gölün ekolojik durumu üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Makrofitlerin kompozisyonu, yoğunluğu ve dağılımı çevresel faktörlere bağlı olarak değişim gösterir (Hopson ve Zimba, 1993; Bornette ve Puijalón, 2011). Gölün morfolojisi, littoral zonun genişliği sualtı makrofitlerin dağılımında önemli rol oynarken, suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri makrofitlerin kompozisyonu ve yoğunluğunu doğrudan etkiler (Wetzel, 1983, Padial ve ark., 2008, Silva ve ark., 2014).

Sıcaklık, bitkilerde metabolik işlemlerin oranını belirleyen önemli bir faktördür (Feldman, 2012). Sapanca Gölü'nde yapılan çalışmada su sıcaklığı değerleri mevsim normallerine uygun bir değişim göstermiş ve makrofit gelişiminin mevsimsel değişiminde etkili birincil parametre olarak kaydedilmiştir. Su sıcaklığı ve makrofit yoğunluğu kuvvetli bir pozitif ilişki göstermiştir ( $r=0,74$ ;  $p<0,01$ ). Su sıcaklığının 5.8°C - 6.5°C arasında en düşük değerlerde

kaydedildiği kış mevsiminde makrofit türüne rastlanmamıştır. Makrofitlerin mevsimsel biyoması ilkbahar başlangıcında sıcaklığın artışı ve olumlu çevre koşullarının da etkisiyle filizlenme sonucu artar ve sonbaharda su sıcaklığının düşmesi sonucu ölümlerin başlaması ile azalır (Wetzel, 1983; Hilt ve ark., 2010). Sapanca Gölü makrofitlerinin mevsimsel biyoması da ilkbahar mevsiminde artmış ( $3568 \text{ g/m}^2$ ), yaz mevsiminde ( $5335 \text{ g/m}^2$ ) en yüksek değere ulaşmış ve sonbahar mevsimi ( $2733 \text{ g/m}^2$ ) itibari ile azalışa geçmiştir. pH makrofit tür kompozisyonunu etkileyen önemli faktörlerden biridir (Bornette ve Puijalon,2011). Sapanca Gölü kıyısız alanlarında ölçülen ortalama pH değeri  $7,5\pm 0,1$  olarak kaydedilmiştir. Alkali özellikte olan Sapanca Gölü, makrofit florasında kaydedilen türler literatürde daha çok nötr ve alkali suları tercih eden türler olarak verilmiştir (Kadono,1982). Kaydedilen türlerin Türkiye’de makrofit üzerine çalışma yapılan diğer göllerin de alkali özellikte olduğu göz önüne alındığında ve kaydedilen türlerin benzerlik gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Fotosentetik canlıların gelişiminde çözülmüş oksijen konsantrasyonu sınırlayıcı değildir. Çözülmüş oksijen konsantrasyonunun dağılımı ve mevsimsel değişiminde dalga ve rüzgarlar nedeniyle oluşan su hareketleri ve su kolonunda meydana gelen algal gelişimi etkilidir. Çözülmüş oksijen değeri çalışma süresince mevsimsel değişim göstermiş, en yüksek değerler kış ( $9,59 \text{ mg/L}$ ) ve yaz ( $9,50 \text{ mg/L}$ ) mevsimlerinde kaydedilmiş, kış mevsiminde düşük su sıcaklığı ve dalga hareketleri, yaz mevsiminde birincil üretimdeki artış bu değerlerde etkili olmuştur. Makrofitlerin fotosentezi sonucu sudaki çözülmüş oksijen değeri üzerinde olumlu etkisi olduğu bilinmektedir (Diehl, 1992; Zimmer ve ark., 2000; Rennie ve Jackson, 2005; Mulderij ve ark., 2007; Scheneider ve ark., 2012).

Özellikle insan etkisinin olduğu sucul alanlarında su kalitesindeki düşme ve ötrofikasyon sürecinin sucul makrofit topluluklarının değişimine sebep olduğu (Pedralli, 2003), tür çeşitliliğini düşürdüğü (Thomaz ve ark., 2003) ve serbest yüzen ve yarı batık türlerin göl içi bitkilerinin yerini aldığı bildirilen çalışmalar vardır (Hilt ve ark., 2010).

Sapanca Gölü’nde 1980’den önce, gölün temel limnolojik özelliklerine dair yapılan çalışmalar gölün düşük konsantrasyonlarda çözülmüş inorganik iyonlar içerdiğini ve suyun içme, endüstriyel kullanım ve sulama için uygun olduğunu göstermiştir. Göle doğrudan atık deşarjı olmamakla birlikte hem yerel hem de tarımsal kökenli kimyasal kirleticiler, yüzeysel akış yoluyla göle doğru yol almaktadır (Morkoç ve ark. 1998). Zamanla oligo-mesotrofik değişim sürecine giren gölde ilk olarak 1990’ların sonuna doğru aşırı fitoplankton gelişiminden

kaynaklanan renk değişiklikleri kaydedilmiş bir siyanobakteri türü olan, *Planktotrix rubescens* (De Candolle ex Gomont) Anagnostidis & Komarek türünün göldeki varlığını göstermiştir (Albay, 2003; Aykulu ve diğerleri, 2006). Sapanca Gölü'nde son yıllarda sıklıkla ve uzun süreli olarak kaydedilen siyanobakteriyel artışlar (Akçaalan ve ark., 2014) gölde su kalitesinin düştüğü ve ötrofikasyon tehdidinin oluştuğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Sapanca Gölü'nde Şubat 2017 – Kasım 2017 tarihleri arasında yapılan bu çalışmada ölçülen tüm besin tuzu değerleri istasyonlar arası önemli farklılık göstermemiştir ( $p < 0,01$ ). Mevsimsel değişiminde nitrit ve nitrat konsantrasyonlarında en yüksek değerlerine gölün tüm kıyasal alanda hiç su içi makrofit kaydı yapılamayan kış döneminde ulaşmıştır. Nitrit ve nitrat konsantrasyonları makrofit biyoması ile negatif ilişki göstermiştir. Mevsimsel olarak farklılık göstermeyen orto-fosfat konsantrasyonu ortalama  $2,4 \pm 0,1$  mg/L olarak kaydedilmiştir.

Sucul ortamlarda biyolojik verimliliğin bir göstergesi olan klorofil-a miktarı Sapanca Gölü kıyasal alanlarında istasyonlar arasında belirgin bir fark göstermemiş, ortalama  $8,9 \pm 3,4$  mg/L olarak kaydedilmiştir. Mevsimsel değişimi açısından incelendiğinde istatistiksel olarak belirgin farklılık kaydedilen klorofil-a değerleri, makrofit gelişimi ile negatif bir ilişki göstermiştir. Makrofitlerin artış gösterdiği, ilkbahar, yaz ve sonbahar döneminde klorofil-a değerleri düşük olarak kaydedilirken, makrofit gelişiminin olmadığı kış döneminde klorofil-a en yüksek ( $22,7$  mg/L) değerine ulaşmıştır. Su altı makrofitlerinin, düşük seviyelerde klorofil-a konsantrasyonlarını desteklediği bilinmektedir (Takamura ve ark., 2003). Fitoplankton gelişimi, sucul makrofitlerin yoğun olarak bulunduğu littoral zonda genellikle daha düşük olmaya meyillidir (Wetzel, 1983). Sığ göller üzerinde yapılan bazı çalışmalarda yoğun makrofit gelişiminin kaydedildiği dönemlerin düşük fitoplankton yoğunluğu ile karakterize olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Scheffer, 1998).

Doğal ve antropojenik baskılar nedeniyle sürekli bir değişim içinde olan sucul ekosistemlerin biyoçeşitliliğinin korunması ve sürdürülebilir kullanımı için kaynak yönetimi en önemli adımdır. Varlığı ile iç suların littoral bölgelerinde biyoçeşitlilik ve verimliliğe katkı sağlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerde rol oynayarak ekosistemi etkileyen makrofitler aynı zamanda ekosistemdeki değişimlerden de doğrudan etkilenmektedir. Makrofitler, iç su ekosisteminde indikatör rol oynamaları nedeniyle çevresel izleme ve su kalitesi tahmini çalışmalarında ve dolayısıyla yönetim ve koruma çabalarının merkezinde yer almaktadırlar (Padiş ve ark., 2008a). Avrupa Su Çerçeve Direktifi'nde (2000/60 EC) makrofitlerin, su

kütlelerinin ekolojik kalitesini değerlendirmek için temel biyolojik unsurlar olduğu bildirilmiştir (Penning ve ark., 2008a ve b; Sondergaard ve ark., 2010).

Sapanca Gölü'nde yapılan bu çalışma gölün sualtı makrofitleri ilgili bilgi boşluğunu doldurularak gölde koruma ve yönetim adımlarının atılmasına ve gölde yapılan limnolojik çalışmalarda ortaya konan sonuçların daha kapsamlı değerlendirmesine katkı sağlayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Akçaalan, R., Albay M., Gürevin, C., Çevik, F., 2007, The influence of environmental conditions on the morphological variability of phytoplankton in an oligo-mesotrophic Turkish lake, *Ann. Limnol. Int. J. Lim.*, 43 (1), 21-28.
- Akçaalan R., İşinibilir M., Gürevin C., Sümer A., 2011, A New Contribution of Biodiversity of Sapanca Lake: *Craspedacusta sowerbyi* Lankester, 1880 (CNIDARIA: HYDROZOA), *Journal of Fisheries Sciences*, 5 (1), 43-46.
- Akçaalan R., Köker L., Gürevin C., Albay M., 2014, *Planktothrix rubescens*: a perennial presence and toxicity in Lake Sapanca, *Turkish Journal of Botany*, 38, 782-789.
- Akçaalan R., Köker L., Oğuz B., Gürevin C., Albay M., 2008, Sapanca Gölü'nde Fitoplankton Dinamiği Üzerine Cyanobacteria Aşırı Artışının ve Çevresel Parametrelerin Etkisi, III. Ulusal Limnoloji Sempozyumu.
- Akkoyunlu A., Akıner M.E., 2012, Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin, *Ecological Indicators*, 18, 501-511.
- Albay, M., Akçaalan, R., Tüfekçi, H., Metcalf, S.J., Beattie, A.K., Codd, A.G., 2003, Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes, *Hydrobiologia*, 505, 89-95.
- Albay, M., Akçaalan R., 2008, Effects of water quality and hydrologic drivers on periphyton colonization on *Sparganium erectum* in two Turkish lakes with different mixing regimes, *Environ Monit Assess*, 146, 171-181.
- Albay, M., Akçaalan R., Matthiensen A., Beattie K.A., 2001. Some Biochemical Features of Two Filamentous Algae Isolated from Lake Sapanca, Turkey, *Su Ürünleri Dergisi*, 18 (1), 149- 160.
- Ali, M.M., Mageed, A.A., Heikal, M., 2007, Importance of aquatic macrophyte for invertebrate diversity in large subtropical reservoirs, *Limnologica*, 37, 155-169.
- Altınışalı S., Altınışalı S., Temel M., 2013, Species composition and qualitative distribution of macrophytes in four lakes (Karasu, Adapazarı, Turkey), *Phytologia Balcanica*, 19 (1), 67-75.
- Altınışar, G., 1988, *Su Yabancı Otları*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 239s.
- APHA, AWWA, WEF. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp. ISBN 978-087553-013-0.



- Arman, H., İleri, R., Doğan R., Eren B., 2009, Investigation of Lake Sapanca water pollution, Adapazarı, Turkey, *International Journal of Environmental Studies*, 66 (5), 547-561.
- Aykulu, G., Albay, M., Akçaalan, R., Tüfekçi, H., Aktan, Y., 2006, Species Composition, Abundance and Seasonality of Phytoplankton in a Moderately Deep Turkish Lake, *Nova Hedwigia*, 130, 325- 338.
- Azzella, M.M., Blasi, C., 2013, Aquatic macrophyte diversity assessment Validation of a new sampling method for circular-shaped lakes, *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 43, 492-499.
- Babourina, O., Rengel, Z., 2010, Nitrogen removal from Eutrophicated Water by Aquatic Plants, *Eutrophication: causes, consequences and control*, Springer Science+Business Media B.V., pp 355-372.
- Backer, S.D., Teissier, S., Triest, L. 2012, Stabilizing the clear-water state in eutrophic ponds after biomanipulation: submerged vegetation versus fish recolonization. *Hydrobiologia*, vol. 689, no. 1, p. 161-176.
- Balcı, E.Ö., 2012, *Kızılırmak Nehri 'nde (Avanos Civarı- Nevşehir) Sualtı Bitki Biyokütlesinin Zamansal Değişimleri*, Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Barko J.W., James, W.F., 1998, Effects of Submerged Aquatic Macrophytes on Nutrient Dynamics, Sedimentation, and Resuspension, *Ecological Studies*, 131, 197-214.
- Beishenbekova, A., 2011, Balıkdamı Gölü Makrofit Florası (Sivrihisar/Eskişehir), *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 65-72.
- Beklioğlu, M., Altınayar, G., Tan, C.O., 2006, Water level control over submerged macrophyte development in five shallow lakes of Mediterranean Turkey, *Arch. Hydrobiol.*, 166 (4), 535–556.
- Berkman, J., Canova, M., 2007, *Algal Biomass Indicators: U.S. Geological Survey National Field Manual for the Collection of Water-Quality Data*, book 9, chap. A7, 5.
- Bolpagni, R., 2013, Macrophyte richness and aquatic vegetation complexity of the lake Idro (Northern Italy), *Annali di Botanica*, 3, 35–43.
- Bonaca M.O., Lipej L., Orfanidis S., 2008, Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters, *Marine Pollution Bulletin*, 56, 666–676.
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H., Statzner, B., 2006, Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches, *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 495- 523.
- Bornette, G., Puijalon, S., 2001, *Macrophytes: Ecology of Aquatic Plants*, Encyclopedia of Life Sciences.

- Bornette, G., Puijalón, S., 2011, Response of aquatic plants to abiotic factors: A review, *Aquatic Sciences*, 73,1–14.
- Boyd, C.E., 1971, The Limnological Role of Aquatic Macrophytes and Their Relationship to Reservoir Management, *American Fisheries Society*, 8, 153-166.
- Caffery, J.M., 1987, *Macrophytes as Biological Indicators of Organic Pollution in Irish rivers. In: Biological Indicators of Pollution*, Irish Academy, Dublin, 77-88.
- Canfield, D.E., Langeland, K.A., Maceina, M.J., Haller, W.T., Shireman, J.V., Jones, J.R., 1983, Trophic State Classification of Lakes with Aquatic Macrophytes, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 1713-1718.
- Canfield, D.E., Langeland K.A., Linda S.B., Haller W.T.,1985. Relations Between Water Transparency and Maximum Depth of Macrophyte Colonization in Lakes, *Journal Aquatic Plant Manage*, 23, 25-28.
- Capers, R.S., 2000, A comparison of two sampling techniques in the study of submersed macrophyte richness and abundance, *Aquatic Botany*, 68 (1), 87-92.
- Carignan, R., Kalff, J., 1980, Phosphorus sources for aquatic weeds: water or sediments, *Science* 207: 987-989.
- Carpenter, S.R., Lodge, D.M., 1986, Effects of Submersed Macrophytes on Ecosystem Processes, *Aquatic Botany*, 26, 341—370.
- Chappuis E., Ballesteros E., Gacia E., 2012, Distribution and richness of aquatic plants across Europe andMediterranean countries: patterns, environmental driving factors and comparison with total plant richness, *Journal of Vegetation Science*, 23, 985–997.
- Collins, C.D., Sheldon, R.B., Boylen, C.W., 1987. Littoral zone macrophyte community structure: distribution and association of species along physical gradients in Lake George, New York, USA. *Aquat. Bot.*, 29, 177–194.
- Croft, M.V., Fraser, P.C., 2009, Non-random sampling and its role in habitat conservation: a comparison of three wetland macrophyte sampling protocols, *Biodiversity and Conservation*, 18 (9), 2283-2306.
- Çakır, M., 2010, *Sapanca Gölünde yoğun yapılaşmadan kaynaklanan evsel atıksu, sanayi atıksu ve yüzeysel akış sularına ilişkin kontrol teknolojilerinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Davis, P.H., 1984, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 8 First Edition, Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 633.
- Declerck, S.A.J., Bakker, E.S., Lith, B., Kersbergen, A., Donk, E., 2011, Effects of nutrient additions and macrophyte composition on invertebrate community assembly and diversity in experimental ponds, *Basic and Applied Ecology*, 12, 466–475.

- Demir, N., Yavuz, H., Perendeci A., Çakıroğlu C., Çelebi, S.S., 2003, Pınarbaşı Göleti'nde (Afşin-Elbistan, Kahramanmaraş) Su Bitkileri Biyokütlesinin İncelenmesi ve Yönetim Metotlarının Değerlendirilmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 153-161.
- Demir, N., Çetin, T., Gök, C., Şanal M., 2017, Akarçay Havzası'nda Su Çerçeve Direktifine Göre İlk Biyolojik İzleme: Fitoplankton ve Fitobentoz, *Türkiye Su Bilimleri ve Yönetimi Dergisi*, 1 (1), 90-107.
- Demir, N., Köse, B., 2004, Göllerde Sualtı Makrofit Biyokütlesini Etkileyen Faktörler, *I. Ulusal Limnoloji Çalıştayı*, Sapanca, 16.
- Diehl, S., 1992, Fish predation and benthic community structure—The role of omnivory and habitat complexity, *Ecology*, 73, 1646–1661.
- Doğan, M., 2011, Akuatik Makrofitlerde Ağır Metal Akümüasyonu, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4 (2), 33-36.
- Dorak, Z., Albay , M., 2015, A New Rotifer Species for Turkish Inland Waters, *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(2), 89-94.
- Duman, F., 2005, *Sapanca ve Abant Gölü su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö., Tarkan, A.S., Reichard, M., Smith, C., 2013, The Ecology of Freshwater Bivalves in the Lake Sapanca Basin, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 37, 730-738.
- Erdener, Y., 2010, *Doğu Sapanca havzasında arazi kullanım sorunları*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Feldmann, T., 2012, *Structuring Role of Lake Conditions for Aquatic Macrophyte*, Estonian university of life Science, Tartu, ISBN 978-9949-484-42-3.
- Golob, A., Gabersick, A. Germ M., 2015, Presence and abundance of macrophytes in Lake Slivniško jezero, *Acta Biologica Slovenica*, 58, 23-34.
- Graham, L.E., Graham J.M., Wilcox L.W., 2008, *Plant Biology*, 1<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall Inc., New Jersey, ISBN: 0-13-030371-2.
- Graneli, W., Solander D., 1988, Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes, *Hydrobiologia*, 170, 245-266.
- Grillas P., 1990, Distribution of submerged macrophytes in the Camargue in relation to environmental factors, *Journal of Vegetation Science*. 1, 393-402.
- Güher, H., Kırgız, T., 2007, Gala Gölü Milli Parkı'nda Makrofitler ile Mikrocrustacea (Cladocera, Copepoda) İlişkisi Üzerine Bir Araştırma, *Trakya Univ J. Sci*, 8(2): 109-114.

- Güner, H., 2008, *Hidrobotanik*, 3. Baskı, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, ISBN: 975-483-617-5.
- Hellsten, S., Willby, N., Ecke, F., Mjelde, M., Phillips, G., Tierney, D., 2014, *Northern Lake Macrophyte ecological assessment methods*, Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-79-35470-0.
- Hemminga, M.A., Duarte, C.M., 2000, *Seagrass Ecology*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 298p.
- Hilt, S., Gross, H.M., 2008, Can allelopathically active submerged macrophytes stabilise clear-water states in shallow lakes, *Basic and Applied Ecology*, 9 (4), 422-432.
- Hilt, S., Henschke, I., Rucker, J., Nixdorf, B., 2010, Can Submerged Macrophytes Influence Turbidity and Trophic State in Deep Lakes? Suggestions from a Case Study, *Journal of Environmental Quality*, 39, 725-733.
- Hopson, M.S., Zimba, P.V., 1993, Temporal Variation in the Biomass of Submersed Macrophytes in Lake Okeechobee, Florida, *J. Aquat. Plant Manage*, 31: 76-81
- Horvath, T. G., Lamberti, G.A., 1997, Drifting Macrophytes as a Mechanism for Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Invasion of Lake-outlet Streams, *The American Midland Naturalist*, 138, 1, 29-36.
- Hu, Z., Guo L., Liu T., Chuai X., Chen Q., Shi F., Jiang L., Yang L., 2014, Uniformisation of phytoplankton chlorophyll a and macrophyte biomass to characterise the potential trophic state of shallow lakes, *Ecological Indicators*, 37, 1–9.
- Huggins, K., Frenette, J.J., Arts, M.T., 2004, Nutritional quality of biofilms with respect to light regime in Lake Saint-Pierre (Quebec, Canada), *Freshwater Biology*, 49, 945–959.
- Huotari, T., Korpelainen, H., 2013, Comparative Analyses of Plastid Sequences between Native and Introduced Populations of Aquatic Weeds *Elodea canadensis* and *E. Nuttallii*, *Plos One*, 8 (4).
- İkinci, M., 2016, *Sapanca Gölü ve gölü besleyen derelerde su kalitesinin değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jeppesen, E., Sondergaard, M., Christoffersen, K. (Eds) 1998, The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes, *Ecological studies*, v. 131, 1998 Springer Science Business Media, New York.
- Johnstone, I.M., 1986, Macrophyte management: an integrated perspective, New Zealand, *Journal of Marine and Freshwater Research*, 20, 599-614.
- Jones, R.C., Walti, K., Adams, M.S., 1983, Phytoplankton as a factor in the decline of the submersed macrophyte *Myriophyllum spicatum* L. in Lake Wingra, Wisconsin, U.S.A., *Hydrobiologia*, 107 (3), 213–219.

- Kaçmaz, M., 2010, *Sapanca Gölü havzası 'nda arazi kullanımı ve mekânsal değişim*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kadak, A.E., Aras, S., 2017, Su Sıcaklığının Diğer Su Özelliklerine Olan Etkileri, *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 3 (1-2), 30-35.
- Kadono, Y., 1982, Occurrence of Aquatic Macrophytes in Relation to pH, Alkalinity, Ca, Cl, and Conductivity, *Japanese Journal of Ecology*, 32, 39-44.
- Kalyoncu, H., Barlas M., Ertan, Ö.O., 2009, Aksu Çayı'nın Su Kalitesinin Biotik İndekslere (Diyatomlara ve Omurgasızlara Göre) ve Fizikokimyasal Parametrelere Göre İncelenmesi, Organizmaların Su Kalitesi ile İlişkileri, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 2 (1), 14-25.
- Karahasan, F., Bayrak T., 2015. Typha latifolia L. Türünün Farklı Kısımlarındaki Ağır Metal Ve Makro Element Miktarlarının Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2), 151-160.
- Kesici, E., 1997, *Eğirdir Gölü Makrofitik Vegetasyonu Üzerinde Fitososyolojik ve Ekolojik Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kesici, E., Gülle, İ., Turna, İ., 2009, Eğirdir Gölü'nde Elodea Canadensis Michaux'in İlk bildirimi ve İstilas Üzerine Bir Araştırma, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 4(2),120-128.
- Kırım, B., Çoban, D., Güler, M., 2014, Floating aquatic plants and their impact on wetlands in Turkey, *2nd International Conference, Water resources and wetlands*, 11-13 September, Tulcea (Romania); ISSN: 2285-7923, 102-109.
- Kırkağaç, M., Demir, N., Topçu, A., Fakioğlu, Ö., Zencir, Ö., 2011, Porsuk Çayı'nda (Eskişehir) Sucul Makrofitler, Zooplankton ve Bentik Makroomurgasızların İncelenmesi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 65-72.
- Koşal, S., Yıldırım, Z., 2007, The Mollusk Fauna of Lake Sapanca (Turkey: Marmara) and Some Physico-Chemical Parameters of Their Abundance, *Turkish Journal of Zoology*, 31, 47-52 .
- Kufel, L., Ozimek, T., 1994, Can Chara control phosphorus cycling in Lake Łuknajno (Poland), *Hydrobiologia*, 275 (276), 277-283.
- Lewandowski, K., Ozimek, T., 1997, Relationship of Dreissena polymorpha (Pall.) to various species of submerged macrophytes. *Polskie Arch. Hydrobiol.* 44,457-466.
- Macit, K., 2010, *Sapanca Gölü'nün (Adapazarı) mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeylerinin saptanması*, Yüksek Lisans, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Madsen, J.D., 1993, Biomass Techniques for Monitoring and Assessing Control of Aquatic Vegetation, *Lake and Reservoir Management*, 7 (2), 141-154.

- Manolaki, P., Papastergiadou, E., 2013, The impact of environmental factors on the distribution pattern of aquatic macrophytes in a middle-sized Mediterranean stream, *Aquatic Botany*, 104, 34–46.
- Mazej Z., Germ M., 2008, Seasonal changes in the contents of nutrients in five macrophyte species from the lake Velenjsko jezero (Slovenia), *Acta Biologica Slovenica Ljubljana*, 51 (1), 3–11.
- Melzer, A., 1999, Aquatic Macrophytes as Tools for Lake Management, *Hydrobiologia* 395/396, 181–190.
- Michelana, T. S., Dainez Filhoa, M.S., Thomaza, S. M., 2018, Aquatic macrophyte mats as dispersers of one invasive plant species, *Brazilian Journal of Bioogy*, 78 (1), 169-171.
- Morkoç, E., Tuğrul, S., Öztürk, M., Tüfekçi, H., Egesel, L., Tüfekçi, V., Okay, O.S., Legovic T., 1998, Trophic Characteristics of the Sapanca Lake (Turkey), *Croatica Chemica Acta*, 71 (2), 303-322
- Moss, B., Stephen, D., Alvarez, C., Bécares, E., Bund, W.V.D., Collings, S.E., Donk, E.V., Eyto, E.D., Feldmann, T., Alaez, C.F., Aláez, M.F., Franken, R.J.M., Criadao, F.G., Gross, E.M., Gyllström, M., Hansson, L.A., Irvine, K., Järvalt, A., Jensen, J.P., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Kornijów, R., Krause, T., Künnap, H., Laas, A., Lill, E., Lorens, B., Luup, H., Miracle, M.R., Nõges, P., Nõges, T., Nykänen, M., Ott, I., Peczula, W., Peeters, E.T.H.M., Phillips, G., Romo, S., Russell, V., Salujõe, J., Scheffer, M., Siewertsen, K., Smal, H., Tesch, C., Timm, H., Tuvikene, L., Tonno, I., Virro, T., Vicente, E., David Wilson 2003, The determination of ecological status in shallow lakes-a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive, *Aquat. Conserv.*, 13 (6), 507–549.
- Mulderij, G., Nes, E.H.V., Donk, E.V., 2007, Macrophyte–phytoplankton interactions: The relative importance of allelopathy versus other factors, *Ecological Modelling*, 204 (1-2), 85- 92.
- Okgerman, H., 2005, Seasonal Variations in the Length-weight Relationship and Condition Factor of Rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.) in Sapanca Lake, *International Journal of Zoological Research*, 1 (1), 6-10.
- Okgerman, H., Elp, M., Yardımcı, C., 2011, Growth, the length-weight relationship, and reproduction in vimba (*Vimba vimba* L.1758) sampled from an oligo-mesotrophic lake in northwest Anatolia (Turkey), *Turk Journal Zoology*, 35 (1) , 87-96.
- Okgerman, H., Elp, M., Atasagun, S., 2012, The growth and reproduction of white bream (*Blicca bjoerkna* L. 1758) in an oligo-mesotrophic lake in northwest Anatolia (Sapanca, Turkey), *Turk Journal Biology*, 36, 1225-134.
- Okgerman, H., Oral, M., Yiğit, S., 2009, Biological Aspects of *Rutilus rutilus* (Roach) in Sapanca Lake (Turkey), *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8 (3), 441-446.

- Ozimek, T., Donk, E., Gulati, R.D., 1993, Growth and nutrient uptake by two species of *Elodea* in experimental conditions and their role in nutrient accumulation in a macrophyte- dominated lake, *Hydrobiologia*, 251, 13-18.
- Özacar, M., Sert, S., Bozatlı, A., Şengil, İ.A., 1999, Sapanca Gölü'nün Toplam Fosfor ve Klorofil-a Miktarlarının Mevsimsel Değişimleri, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 61-68.
- Özçelik, H., Çinbilgel, İ., Muca, B., Koca, A., Tavuç, İ., Bebekli, Ö., 2014, Burdur İli Karasal ve İç Su Ekosistem Çeşitliliği, Koruma ve İzleme Çalışmaları, *SDU Journal of Science*, 9 (2), 12-43.
- Özecik, F., 2006, *Sapanca Gölünde Ötrofikasyonun Araştırılması*, Yüksek Lisans, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- Özen, A.S., Korkmaz, Ö., 2005. Yedigöller (Kütahya) Ekosisteminde Biyolojik Çeşitlilik ve Kirlilik Üzerine Bir Araştırma, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9.
- Öztürk, M., Seçmen, Ö., Leblebici, E., 1996, Eber Gölü (Afyon) bitki örtüsü ve Kirlenme İlişkileri, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 20.
- Özuluğ, M., Tarkan, A.S., Gaygusuz, Ö., Gürsoy, Ç., 2007, Two New Records for the Fish Fauna of Lake Sapanca Basin (Sakarya), *Turkey, Journal of Fisheries Sciences*, 1 (3), 152-159.
- Padial, A.A., Bini, L.M., Thomaz, S.M., 2008, The study of aquatic macrophytes in Neotropics: a scientometrical view of the main trends and gaps, *Braz. J. Biol.*, 68-4, Suppl.: 1051-1059.
- Penning, W.E., Dudley, B., Mjelde, M., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., Berg, M., Poikane, S., Philips, G., Willby, N., Ecke, F., 2008a, Using aquatic macrophyte community indices to define the ecological status of European lakes, *Aquat. Ecol.* 42 (2), 253–264.
- Penning, W.E., Mjelde, M., Dudley, B., Hellsten, S., Hanganu, J., Kolada, A., Ecke, F., Philips, G., Mjelde, M., Hellsten, S., Poikane, S., 2008b, Classifying aquatic macrophytes as indicators of eutrophication in European lakes, *Aquat. Ecol.*, 42 (2), 237–251.
- Peters, J.A., Lodge, D.M., Invasive Species Policy at the Regional Level: A Multiple Weak Links Problem, *Fisheries*, vol34(8), 373-380.
- Raspopov, I.M., Ademec, L., Husak, S., 2002, Influence of aquatic macrophytes on the littoral zone habitats of the Lake Ladoga, NW Russia, *Preslia, Praha*, 74, 315–321.
- Rennie, M. D., Jackson, L. J., 2005, The influence of habitat complexity on littoral invertebrate distributions: Patterns differ in shallow prairie lakes with and without fish, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 62, 2088–2099.

- Rolon, A.S., Maltchik, L., 2006, Environmental Factors as Predictors of Aquatic Macrophyte Richness and Composition in Wetlands of Southern Brazil, *Hydrobiologia*, 556 (1), 221-231.
- Schaumburg, J., Schranz, C., Foerster, J., Gutowski, A., Hofmann, G., Meilinger, P., Schneider, S., Schmedtje, U., 2004, Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive, *Limnologia*, 34, 283–301.
- Scheffer, M., 2001, Alternative Attractors of Shallow Lakes, *TheScientificWorld*, 1, 254-263.
- Schneider, S., 2007, Macrophyte trophic indicator values from a European perspective, *Limnologia*, 37, 281–289.
- Schneider, S.C., Lawniczak, A.E., Faltynowicz, P., Szoszkiewicz, K., 2012, Do macrophytes, diatoms and non-diatom benthic algae give redundant information? Results from a case study in Poland, *Limnologia - Ecology and Management of Inland Waters*, 42 (3), 204-211.
- Seçmen, Ö., Leblebici, E., 1997, *Türkiye Sulak Alan Bitkileri ve Bitki Örtüsü*, Ege Üniv., yayınları, Fen Fakültesi yayın No:158. Ege Üniv. Basımevi, 450. Bornova-İzmir.
- Sondergaard, M., Jeppesen, E., Jensen, J.P., Amsinck, S.L., 2005, Water Framework Directive: Ecological classification of Danish lakes, *Journal of Applied Ecology*, 42, 616–629.
- Sondergaard, M., Johansson, S.L., Lauridsen, T.L., Jørgensen, T.B., Liboriussen, L., Jeppesen, E., 2010, Submerged macrophytes as indicators of the ecological quality of lakes, *Freshwater Biology*, 55, 893–908.
- Susamlı, S. 1998, *Mogan Gölü'nde (Ankara) su altı makrofitlerinin balık-zooplankton ilişkisine ve tatlı su kalitesine etkileri*, Yüksek lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sutela, T., Aroviita, J., Keto, A., 2013, Assessing ecological status of regulated lakes with littoral macrophyte, macroinvertebrate and fish assemblages, *Ecological Indicators*, 24, 185–192.
- Şanal, M., Köse, B., Coşkun, T., Demir, N., 2015, Mogan Gölü'nde Sucul Makrofitlere Göre Ekolojik Kalitenin Tahmini, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (4): 51-55.
- Takamura, N., Kadono, Y, Fukushima, M., Nakagawa, M., Kim, B., 2003, Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes, *Ecological Research*, 18, 381-395.
- Tanık, A., Baykal, B., Gönenç, E., Meriç, S., Öktem, Y., 1998, Effect and Control of Pollution in Catchment Area of Lake Sapanca, Turkey, *Environmental Management*, 22 (3), 407–414.



- Tarkan, A.S., Özuluğ, M., Gaygusuz, Ö., Gaygusuz, Ç.G., Saç G., 2009, Length–weight relationships of six freshwater fishes from small streams flowing into Lake Sapanca, NW Turkey, *J. Appl. Ichthyol.*, 25, 230–231.
- Taylan, Z.S., Özkoç, H., 2007, Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akvatik Organizmaların Biokullanılabilirliği, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2), 17-33.
- Thomaz, S.M., Souza, D.C., Bini, L.M., 2003, Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): The influence of limnology and morphometry, *Hydrobiologia*, 505: 119–128.
- Thomaz, S.M., Esteves, F.A., Murphy, K.J., Santos, A.M., Caliman, A., Guariento, R.D., 2008, *Aquatic Macrophytes in the Tropics: Ecology of Populations and Communities, Impacts of Invasions and Use by Man*, Encyclopedia of Life System Support, UNESCO.
- Thomaz, S.M., Cunha, E.R., 2010, The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity, *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22 (2), 218-236.
- Timms, R.M., Moss, B., 1984, Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem, *Limnology and Oceanography*, 29 (3), 472-486.
- Topal, M., Karagözoğlu, B., Öbek, E., Arslan, E.I., 2011, Bazı Su Mercimeklerinin Nutrinet Gideriminde Kullanımı, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4, 12-28.
- Turna, I.I., Yıldırım, U.G., Durucan, F., 2010Eğirdir Gölü'nün Görsel Su altı Flora ve Faunası, *Isparta ili Değerleri ve Değer Yaratma Potansiyeli Sempozyumları*, 26 Nisan-3 Mayıs,, Türkiye.
- Ustaoglu, D., Terzioğlu, K., Türe, H., Yılmaz, E., Tunca, E., 2015, Sucul Ortamlardaki Bakırın (Cu), Su Mercimeği (*Lemna minor* Linneaus 1753) ile Fitoremediasyonu, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 10-22.
- Uzun, M., 2016, Sapanca Gölü kıyıları ve yakın çevresinde jeomorfolojik birimlerle mekan-kıy kullanımı ilişkisinin incelenmesi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 33, 465-492.
- Van den Berg, M. S., Scheffer, M., Van Nes E., Coops, H., 1998, The role of Characean algae in the management of eutrophic shallow lakes, *J. Phycol.*, 34, 750–756.
- Van den Berg, M. S., Scheffer, M., Van Nes E., Coops, H., 1999, Dynamics and stability of Chara sp. and Potamogeton pectinatus in a shallow lake changing in eutrophication level, *Hydrobiologia*, 408 (409), 335-342.
- Wetzel, R.G., 1983, *Limnology*, 2<sup>nd</sup> ed., Saunders College Publishing, America, ISBN: 0-03-057913-9.

- Wetzel, R.R., 1990, Land-water interfaces: Metabolic and limnological regulators, *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 24(1), 6-24.
- Westlake, D.F., 1986, *The direct determination of biomass of aquatic macrophytes and measurement of underwater light*. HMSO, London, 45.
- Wu, O.G., Zwart, L., Wu, J., Agterveld, M.P.K, Liu, S., Hahn, M.W., 2007, Submersed macrophytes play a key role in structuring bacterioplankton community composition in the large, shallow, subtropical Taihu Lake, China, *Environmental Microbiology*, 9 (11), 2765–2774.
- Yalçın, N., Sevinç, V., 2001, Heavy Metal Contents of Lake Sapanca, *Turk J. Chem.*, 25, 521-525.
- Yılmaz, N., Aykulu, G., 2010, An investigation on the seasonal variation of the phytoplankton density on the surface water of Sapanca lake, Turkey, *Pakistan Journal of Botany*, 42 (2): 1213-1224.
- Yücel, E., Edirnelioğlu, E., Soydam, S., Çelik, S., Çolak, G., 2010, Myriophyllum spicatum (Spiked water-milfoil) as a biomonitor of heavy metal pollution in Porsuk Stream/Turkey, *Biological Diversity and Conservation (BioDiCon)*, 3 (2), 133-144.
- Zeybek, M., Kalyoncu, H., 2012, Köprüçay Nehri'nde Biyotik İndeksler İle Çeşitlilik İndekslerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8 (1), 42-50.
- Zhu, B., Fitzgerald, D.G., Mayer, C.M., Rudstam, L.G., Mills, E.L., 2006, Alteration of Ecosystem Function by Zebra Mussels in Oneida Lake: Impacts on Submerged Macrophytes, *Ecosystems*, 9, 1017–1028.
- Zimmer, K.D., Hanson, A.M., Butler, M.G., 2000, Factors influencing invertebrate communities in prairie wetlands: A multivariate approach., *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 57, 76–85.

**EKLER**



*Elodea canadensis*



*Najas minor*



*Chara sp.*



*Potamogeton lucens*



*Potamogeton perfoliatus*



*Potamogeton natans*



*Vallisneria spiralis*



*Lemna minor*



*Salvinia* sp.



*Nuphar lutea*



*Nymphaea alba*



*Butomus umbellatus*



*Spharganium erectum*



*Thypha angustifolia*



*Schoenoplectus lacustris*



*Phragmites australis*

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sezgi ERSOY
Doğum Yeri	Bakırköy
Doğum Tarihi	03.10.1989
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0539-556-4126
E-Posta Adresi	sezgiersoy@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ege Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	17.08.2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Deniz ve İçsu Kaynakları Yönetimi Anabilim Dalı
Programı	İçsu Kaynakları Yönetimi Programı